

**SIMULASI PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA GEDUNG  
RUMAH SAKIT ISLAM GIGI & MULUT SULTAN AGUNG  
SEMARANG DENGAN MENGGUNAKAN ETAP**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT  
MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1) PADA  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNOLOGI  
INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG



Disusun oleh :

**DEDIK SUWANTO**

**NIM : 30601900013**

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

**2024**

***SIMULATION OF POWER FACTOR IMPROVEMENT IN THE  
SULTAN AGUNG ISLAMIC HOSPITAL OF DENTISTRY AND  
MOUTH SEMARANG USING ETAP  
FINAL PROJECT***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree  
(S1) at Departemen of Electrical Engineering.  
Faculty of Industrial Technology, Universitas Islam Sultan Agung*



*Arranged By :*

**DEDIK SUWANTO**

**NIM : 30601900013**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGGINERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECNOLOGY  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "Simulasi Perbaikan Faktor Daya pada Gedung Rumah Sakit Islam Gigi & Mulut Sultan Agung Semarang Dengan Menggunakan ETAP" ini disusun oleh:

Nama : Dedik Suwanto

NIM : 30601900013

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 30 Agustus 2024

Pembimbing

Prof. Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T.  
NIDN. 0618066301

Pembimbing

Dedi Nugroho, S.T., M.T.  
NIDN. 0617126602

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.  
NIDN. 0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Simulasi Perbaikan Faktor Daya pada Gedung Rumah Sakit Islam Gigi & Mulut Sultan Agung Semarang Dengan Menggunakan ETAP” ini telah dipertahankan di depan Penguji siding Tugas Akhir pada:

Hari : Jumat  
Tanggal : 30 Agustus 2024

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dr. Ir. H. Sukarno Budi Utomo, M.T.  
NIDN : 0619076401  
Ketua Penguji



Prof. Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T.  
NIDN : 0618066301  
Penguji II



Dedi Nugroho, S.T., M.T.  
NIDN : 0617126602  
Penguji III



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

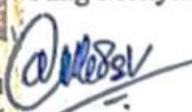
Nama : Dedik Suwanto  
NIM : 30601900013  
Judul Tugas Akhir : EVALUASI PERBAIKAN FAKTOR DAYA  
PADA GEDUNG RSIGM SULTAN AGUNG  
SEMARANG

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri UNISSULA Semarang dengan judul "SIMULASI PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA GEDUNG RUMAH SAKIT ISLAM GIGI & MULUT SULTAN AGUNG SEMARANG DENGAN MENGGUNAKAN ETAP" adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis, maupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 16 Juli 2024

Yang Menyatakan,



  
Dedik Suwanto

NIM. 30601900013

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dedik Suwanto

NIM : 30601900013

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul : **“SIMULASI PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA GEDUNG RUMAH SAKIT ISLAM GIGI & MULUT SULTAN AGUNG SEMARANG DENGAN MENGGUNAKAN ETAP”** Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, di alihmediakan, dikelola dan dipublikasi di internet dan media lain untuk kepentingan akedemis 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, 16 Juli 2024

Yang Menyatakan,



Dedik Suwanto

NIM. 30601900013

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### Persembahan :

Pertama,

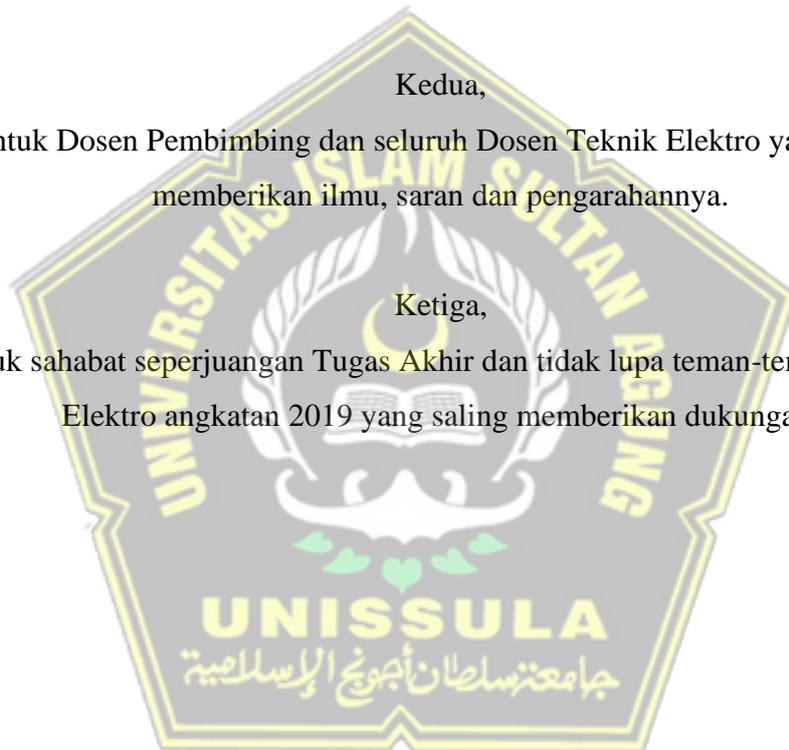
Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada Ibu saya yang sudah membesarkan saya dengan sepenuh hati, memberikan dukungan dan menjadi motivasi bagi saya untuk menyelesaikan studi saya hingga saat ini.

Kedua,

Untuk Dosen Pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan ilmu, saran dan pengarahannya.

Ketiga,

Untuk sahabat seperjuangan Tugas Akhir dan tidak lupa teman-teman Teknik Elektro angkatan 2019 yang saling memberikan dukungan.



## HALAMAN MOTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. (QS. Al Insyirah: 5-6).

وَمَنْ يَتَّقِ اللَّهَ يَجْعَلْ لَهُ مَخْرَجًا وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ

Barang siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Dia akan mengadakan baginya jalan keluar, dan memberinya rezeki dari arah yang tiada disangka-sangkanya.

(Ath-Thalaq: 2-3)

وَلَا تَأْتِسُوا مِنْ رَوْحِ اللَّهِ إِنَّهُ لَا يَأْتِسُ مِنْ رَوْحِ اللَّهِ إِلَّا الْقَوْمُ الْكَافِرُونَ

Dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya yang berputus asa dari rahmat Allah, hanyalah orang-orang yang kafir." (QS. Yusuf: 87).

## KATA PENGANTAR

### *Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillah* segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Perbaikan Faktor Daya Pada Gedung RSIGM Sultan Agung Semarang” dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW.

Laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk meraih gelar sarjana (S1) di program studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas mendapat bantuan dari berbagai pihak. Dengan rasa setulus hati, penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya yang telah memberikan ketabahan, kesabaran, dan kelapangan hati serta pikiran dalam menimba ilmu.
2. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Dr. Ir Novi Marlyana, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Terimakasih kepada Dosen Pembimbing saya Prof. Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT dan Bapak Dedi Nugroho, ST., MT yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya sehingga penulisan bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Ibu saya tercinta yang telah memberikan dukungan baik materiil maupun non materiil dan tidak pernah berhenti mendo'akan saya.

8. Kepada sahabat seperjuangan saya, yaitu mahasiswa teknik elektro angkatan 2019 yang membantu dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Penulis dengan sepenuh hati meminta maaf dan juga membutuhkan kritik maupun saran yang membangun dari berbagai pihak, sehingga kedepan Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis juga.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*



Semarang, 16 Juli 2024

Yang Menyatakan,

Dedik Suwanto

NIM. 30601900013

## DAFTAR ISI

SIMULASI PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA GEDUNG RUMAH SAKIT ISLAM GIGI & MULUT SULTAN AGUNG SEMARANG DENGAN MENGUNAKAN ETAP.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
HALAMAN MOTO .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR GRAFIK.....	xvii
ABSTRAK .....	xviii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6

2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Landasan Teori .....	8
2.2.1 Energi Listrik.....	8
2.2.2 Manfaat Energi Listrik .....	9
2.2.3 Arus 10 .....	
2.2.4 Macam-Macam Arus .....	10
2.2.5 Tegangan .....	11
2.2.6 Daya listrik .....	11
2.2.7 Macam-macam daya.....	12
2.2.8 Kapasitor bank.....	18
2.2.9 Suplai daya listrik.....	20
2.2.10 Beban listrik.....	20
2.2.11 Jenis beban listrik .....	21
2.2.12 Software ETAP 19.0.1.....	23
<b>BAB III .....</b>	<b>27</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Obyek Penelitian .....	27
3.2 Model Penelitian .....	27
3.3 Alat Penelitian .....	29
3.4 Langkah – Langkah Penelitian .....	29
3.5 Data Penelitian .....	29
3.6 <i>Flowchard</i> Penelitian .....	31
<b>BAB IV .....</b>	<b>33</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
4.1 Hasil .....	33
4.1.1 Hasil Pengukuran.....	33
4.2 Perhitungan Perbaikan Daya untuk $\text{Cos Phi} = 0,85$ dan 1 .....	35

4.2.1	Perhitungan Nilai Daya Aktif (KW).....	36
4.2.2	Perhitungan Daya Semu (KVA).....	37
4.2.3	Perhitungan Daya Reaktif (KVAR).....	39
4.2.4	Perhitungan Daya Semu (KVA) Untuk Perbaikan Cos Phi Target 0,85 dan 1 .....	40
4.2.5	Perhitungan Daya Reaktif (KVAR) Setelah Perbaikan Dengan Cos Phi Target = 0,85 dan 1 .....	42
4.2.6	Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan .....	44
4.3	Perbaikan Faktor Daya Dengan Simulasi ETAP 19.0.1.....	46
4.3.1	Faktor Daya Sebelum Perbaikan Dengan Simulasi ETAP 19.0.1.	46
4.3.2	Faktor Daya Sesudah Perbaikan Dengan Cos Phi = 0,85 dan Cos Phi = 1 Menggunakan Simulasi ETAP 19.0.1.....	51
BAB V	.....	68
PENUTUP	.....	68
5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	.....	70
LAMPIRAN	.....	72

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Data Penelitian .....	30
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil pengukuran MDP dan SDP RSIGM Sultan Agung .....	33
<b>Tabel 4. 2</b> Data pengukuran nilai faktor daya .....	35
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil perhitungan daya aktif 1 fasa ke 3 fasa.....	37
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil perhitungan daya semu 1 fasa ke 3 fasa.....	38
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil perhitungan daya reaktif sebelum perbaikan .....	40
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil perhitungan daya semu target .....	41
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil perhitungan daya reaktif dengan cos phi target setelah perbaikan .....	43
<b>Tabel 4. 8</b> Hasil perhitungan kebutuhan kapasitor bank.....	44
<b>Tabel 4. 9</b> Hasil sebelum perbaikan faktor daya .....	50
<b>Tabel 4. 10</b> Hasil setelah di perbaiki dengan kapasitor bank dengan target cos phi = 0,85 / 85% .....	58
<b>Tabel 4. 11</b> Hasil setelah di perbaiki dengan kapasitor bank dengan target cos phi = 1 / 100% .....	58
<b>Tabel 4. 12</b> Perbandingan nilai Arus Sebelum dan sesudah diperbaiki.....	59
<b>Tabel 4. 13</b> Perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah perbaikan.....	61
<b>Tabel 4. 14</b> Perbandingan nilai daya aktif, daya semu, daya reaktif sebelum dan sesudah perbaikan .....	62
<b>Tabel 4. 15</b> Perbandingan nilai daya aktif sebelum dan sesudah perbaikan .....	63
<b>Tabel 4. 16</b> Perbandingan nilai daya reaktif sebelum dan sesudah perbaikan .....	65
<b>Tabel 4. 17</b> Perbandingan nilai cos phi sebelum diperbaiki dan sesudah diperbaiki .....	66

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Gambar segitiga daya .....	15
<b>Gambar 2. 2</b>	sudut daya .....	16
<b>Gambar 2. 3</b>	Gelombang Sinus pada Faktor Daya Lagging .....	17
<b>Gambar 2. 4</b>	Gelombang Sinus pada Faktor Daya leading .....	18
<b>Gambar 2. 5</b>	Gelombang Arus dan Tegangan pada Beban .....	22
<b>Gambar 2. 6</b>	Gelombang Arus dan Tegangan pada Beban Kapasitif.....	23
<b>Gambar 2. 7</b>	Tampilan awal software ETAP 19.0.1.....	25
<b>Gambar 3. 1</b>	Model Penelitian.....	27
<b>Gambar 3. 2</b>	Rangkaian SLD simulasi ETAP 19.0.1 .....	28
<b>Gambar 3. 3</b>	Flowchart .....	32
<b>Gambar 4. 1</b>	Tampilan SLD di ETAP 19.0.....	47
<b>Gambar 4. 2</b>	Tampilan saat simulasi dijalankan dengan display KVA,Amper dan PF.....	48
<b>Gambar 4. 3</b>	tampilan saat simulasi dijalankan dengan keterangan KVAR dan KW .....	49
<b>Gambar 4. 4</b>	Tampilan SLD simulasi ETAP 19.0.1 setelah penambahan kapasitor bank untuk target $\cos \phi = 0,85$ .....	52
<b>Gambar 4. 5</b>	Tampilan SLD dengan simuasi ETAP 19.0.1 dengan penambahan kapasitor bank untuk target $\cos \phi = 0,85$ setelah dijalankan dengan keterangan nilai KVA, Ampere, dan PF.....	53
<b>Gambar 4. 6</b>	Tampilan SLD dengan simuasi ETAP 19.0.1 dengan penambahan kapasitor bank untuk target $\cos \phi = 0,85$ setelah dijalankan dengan keterangan nilai KW dan KVAR.....	54
<b>Gambar 4. 7</b>	Tampilan SLD simulasi ETAP 19.0.1 setelah penambahan kapasitor bank untuk target $\cos \phi = 1$ .....	55
<b>Gambar 4. 8</b>	Tampilan SLD dengan simuasi ETAP 19.0.1 dengan penambahan kapasitor bank untuk target $\cos \phi = 1$ setelah dijalankan dengan keterangan nilai KVA, Ampere, dan PF.....	56

**Gambar 4. 9** Tampilan SLD dengan simulasi ETAP 19.0.1 dengan penambahan kapasitor bank untuk target  $\cos \phi = 1$  setelah dijalankan dengan keterangan nilai KW dan KVAR..... 57



## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik 4. 1</b> Perbandingan nilai arus sebelum dan sesudah perbaikan.....	60
<b>Grafik 4. 2</b> Perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah perbaikan .....	61
<b>Grafik 4. 3</b> Perbandingan nilai daya semu sebelum dan sesudah .....	63
<b>Grafik 4. 4</b> Perbandingan nilai daya aktif sebelum dan sesudah perbaikan.....	64
<b>Grafik 4. 5</b> Perbandingan nilai daya reaktif sebelum dan sesudah perbaikan.....	65
<b>Grafik 4. 6</b> Perbandingan nilai faktor daya sebelum dan sesudah perbaikan .....	67



## ABSTRAK

Permasalahan yang terjadi pada sistem kelistrikan gedung RSIGM adalah kecilnya faktor daya pada Sub Distribution Panel (SDP) tepatnya pada SDP Penerangan, penyebabnya adalah penggunaan ballast dari lampu LED. Dampak dari faktor daya yang rendah seperti pemborosan konsumsi energi yang berakibat meningkatnya tagihan listrik. Solusinya adalah dilakukan perbaikan faktor daya sesuai standar dengan menggunakan kapasitor bank sesuai kebutuhan pada nilai faktor daya yang menurun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbaikan faktor daya sesuai dengan *standart* PLN, Model ditentukan dengan menentukan single line diagram kelistrikan. Parameter yang ditentukan: tegangan, arus, daya aktif, semu, reaktif dan faktor daya eksisting. Perhitungan nilai kapasitor bank yang harus dipasang untuk kompensasi faktor daya dibawah standar. ETAP digunakan untuk membantu simulasi perbaikan faktor daya.

Hasil menunjukkan bahwa ETAP mampu digunakan untuk simulasi penentuan perbaikan faktor daya hal ini dibuktikan dengan nilai faktor daya sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan dengan target  $\cos \phi = 0,85 / 85\%$  pada BUS 1 nilai faktor daya sebelum perbaikan 0,831 / 83,1 setelah perbaikan dengan kapasitor bank naik jadi 0,851 / 85,1%, pada BUS 5 sebelum perbaikan nilai faktor daya 0,715 / 71,55% setelah perbaikan naik menjadi 0,852 / 85,1%, pada BUS 9 nilai faktor daya sebelum perbaikan 0,804 / 80,44% setelah perbaikan naik menjadi 0,851 / 85,1%, dan perbaikan dengan target  $\cos \phi = 1$  pada semua BUS adalah 1 / 100%.

**Kata Kunci :Faktor Daya, kapasitor Bank, Simulasi ETAP 19.0. 1**

## **ABSTRACT**

*The problem that occurs in the electrical system of the RSIGM building is the small power factor in the Sub Distribution Panel (SDP), precisely in the Lighting SDP, the cause is the use of ballasts from LED lights. The impact of low power factors such as wasted energy consumption resulting in increased electricity bills. The solution is to make power factor improvements according to standards by using bank capacitors as needed at decreasing power factor values.*

*This study aims to determine the improvement of the power factor in accordance with PLN standards, the model is determined by determining a single line electrical diagram. Specified parameters: voltage, current, active power, pseudo, reactive and existing power factor. Calculation of the value of the bank capacitors that must be installed for substandard power factor compensation. ETAP is used to help simulate power factor improvement.*

*The results show that ETAP can be used for the simulation of determining the improvement of the power factor, this is evidenced by the value of the power factor before the repair and after the repair with the target of  $\cos \phi = 0.85 / 85\%$  in BUS 1 the value of the power factor before the repair is 0.831 / 83.1 after the repair with the capacitor bank rises to 0.851 / 85.1%, in BUS 5 before the repair the value of the power factor is 0.715 / 71.55% after the repair rises to 0.852 / 85.1%, on BUS 9 the power factor value before the repair is 0.804 / 80.44% after the repair rises to 0.851 / 85.1%, and the repair with a target  $\cos \phi = 1$  on all BUSES is 1 / 100%.*

**Keywords: Power Factor, Bank Capacitors, Simulastion ETAP 19.0.1**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut (RSIGM) Sultan Agung merupakan salah satu fasilitas kesehatan terkemuka di Semarang yang didirikan pada tahun 2012, pada awal berdirinya, rumah sakit ini menempati gedung lama di bagian sebelah timur Gedung B Rumah Sakit Islam Sultan Agung. Seiring dengan perkembangan kebutuhan layanan kesehatan yang semakin meningkat, gedung baru RSIGM Sultan Agung diresmikan pada tanggal 12 September 2017 oleh Wakil Gubernur Jawa Tengah. Gedung baru ini terletak di Jalan Raya Kaligawe KM.4 dan berdekatan dengan pusat pertumbuhan industri LIK (Lingkungan Industri Kecil) Kaligawe dan Terboyo Industri Park, serta dekat dengan Terminal Bayangan Terboyo.

Gedung RSIGM memiliki luas bangunan sebesar 21.440 m<sup>2</sup> yang terdiri dari 5 lantai dengan daya listrik terpasang sebesar 345.000 VA. Beban listrik yang harus dilayani di RSIGM Sultan Agung meliputi berbagai kebutuhan seperti penerangan, AC, alat laboratorium, pompa hydrant, pompa air, lift, komputer, dan peralatan listrik lainnya. Penggunaan peralatan listrik dengan beban besar ini menjadikan efisiensi penggunaan energi listrik sebagai salah satu fokus utama manajemen rumah sakit, utamanya range tegangan dan faktor daya. Faktor daya merupakan salah satu parameter penting dalam sistem kelistrikan yang menunjukkan efisiensi penggunaan energi listrik. Faktor daya yang rendah mengindikasikan tingginya

penggunaan daya reaktif, yang meskipun tidak menghasilkan kerja nyata, tetap membebani sistem distribusi listrik.

Permasalahan yang terjadi pada sistem kelistrikan gedung RSIGM adalah kecilnya faktor daya pada Sub Distribution Panel (SDP) tepatnya pada SDP Penerangan Lantai 1 yaitu pada Fasa R,S,T (0,814), (0,884), (0,792), SDP Penerangan Lantai 3 pada Fasa R,S,T (0,759), (0,634), (0,725), (0,833) dan pada SDP Penerangan Lantai 5 pada Fasa R dan T (0,692) dan (0,737). Hal ini disebabkan oleh penggunaan ballast dari lampu LED. Dampak dari faktor daya yang rendah seperti pemborosan konsumsi energi yang berakibat meningkatnya tagihan listrik. Daya reaktif yang tinggi menyebabkan pemborosan energi listrik karena energi yang dibayar tidak seluruhnya digunakan secara efektif. Hal ini meningkatkan biaya operasional listrik yang harus ditanggung oleh rumah sakit. Selain itu akan mengakibatkan beban berlebih dan kualitas daya yang buruk.

Solusi terhadap permasalahan ini adalah bagaimana meningkat faktor daya tersebut, sehingga diperlukan evaluasi pengujian dan perhitungan untuk melakukan perbaikan bagaimana caranya agar faktor daya atau  $\cos \phi$  yang menurun pada SDP Penerangan Lantai 1, 3, 4 dan 5 ini bisa mejadi lebih baik yaitu diatas 0,85 atau bahkan bisa hampir mendekati 1 dengan memperbaiki menggunakan kapasitor bank sesuai kebutuhan pada nilai faktor daya yang menurun.

Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini mengambil judul “Simulasi Perbaikan Faktor Daya Pada Gedung Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut Sultan Agung Semarang Dengan Menggunakan ETAP”.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Berapa besar nilai faktor daya eksisting pada gedung Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut Sultan Agung Semarang.
- b. Bagaimana meningkatkan nilai faktor daya pada SDP yang mengalami penurunan.
- c. Apakah nilai faktor daya naik sesuai dengan target setelah dipasang kapasitor bank.
- d. Bagaimana dampak arus, tegangan, daya aktif, daya semu, daya reaktif setelah faktor daya diperbaiki pada gedung Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut Sultan Agung.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Dari rumusan masalah yang di tuliskan di atas, penulis membatasi masalah sebagai berikut :

- a. Fokus pembahasan penelitian ini adalah untuk perbaikan faktor daya pada SDP gedung rumah islam gigi dan Mulut sultan agung semarang.
- b. Daya listrik PLN tersambung pada RSIGM sebesar 345.000 VA.
- c. Pengukuran dilakukan pada semua SDP dan MDP.

## 1.4 Tujuan

Dari perumusan dan pembatasan masalah diatas, penulis bertujuan sebagai berikut :

- a. Diketahuinya nilai faktor daya sesuai dengan standart PLN.
- b. Dihasilkannya perbaikan nilai faktor daya yang sesuai standart PLN.
- c. Dihasilkannya kapasitas kapasitor bank yang harus dipasang pada Gedung Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut Sultan Agung Semarang.

### 1.5 Manfaat

Dari tujuan diatas, penulis mendapatkan manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Menambah pengetahuan tentang menghitung nilai daya reaktif yang dibutuhkan untuk memperbaiki.
- b. Menambah pengetahuan mengenai beban terpasang pada gedung rumah sakit islam gigi dan mulut sultan agung.
- c. Meningkatkan wawasan dan ilmu pengetahuan bagi peneliti, khususnya dalam hal Faktor daya.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Memberikan gambaran secara garis besar dalam hal ini dijelaskan isi dari masing-masing bab dari laporan ini. Sistematika penulisan dalam pembuatan laporan ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I**

#### **PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

#### **BAB II**

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

Berisi tentang konsep serta prinsip dasar yang dijelaskan secara rinci menggunakan topik dan subjek penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah serta merumuskan hipotesis yang ada.

#### **BAB III**

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

Objek penelitian, model penelitian, alat penelitian, langkah-langkah penelitian, data penelitian dan flowchart penelitian.

#### **BAB IV**

#### **HASIL DAN ANALISIS**

Berisi perhitungan-perhitungan, hasil dan pembahasan data dan analisa penelitian yang diperoleh dari hasil studi lapangan dan pengolahan data-data yang diperoleh. Juga membahas tentang bagaimana cara memperbaiki nilai faktor daya yang menurun.

**BAB V      PENUTUP**

Berisikan kesimpulan dari analisa yang dilakukan dan saran dalam pembuatan tugas akhir ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa peneliti terdahulu yang sudah dilakukan tentang tahanan pentanahan menara transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 kV. Telah dilakukan oleh peneliti, antara lain :

- a. Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Energi Listrik Pada Politeknik Negeri Samarinda[1]. Faktor daya awal pada Sistem kelistrikan Politeknik Negeri Samarinda adalah 0,7, hal ini disebabkan banyaknya beban induktif. Sehingga diperlukan daya reaktif tambahan untuk memperbaiki faktor daya yaitu dengan kapasitor bank. Daya reaktif yang dibutuhkan untuk menaikkan faktor daya dari 0,7 menjadi 0,95 untuk trafo 555 kVA sebesar  $(Q_c) = 222,530$  KVAR dengan rating kapasitor  $(C) = 45000$   $\mu$ F. Daya reaktif yang dibutuhkan untuk menaikkan faktor daya dari 0,7 menjadi 0,95 untuk trafo 197 kVA sebesar  $(Q_c) = 18,825$  KVAR dengan Rating kapasitor  $(C) = 3735$   $\mu$ F. Besar pengurangan daya (KVA) setelah perbaikan faktor daya 125,492 kVA untuk trafo 555 kVA dan 22,594 kVA untuk trafo 197 kVA.
- b. Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Perbaikan Faktor Daya Pada Kelistrikan Di Gedung Hotel Arista Palembang[2]. Hasil perhitungan dan simulasi menggunakan ETAP dengan standar yang ditentukan, maka dengan pemasangan kapasitor bank dapat menaikkan nilai factor daya menjadi 0,97. Dari sini dapat disimpulkan bahwa dengan pemasangan kapasitor bank telah berhasil memperbaiki factor daya pada kelistrikan yang sesuai standar PLN.
- c. Efisiensi Energi Listrik Dalam Upaya Meningkatkan Power Quality dan Penghematan Energi Listrik di Gedung Universitas Ciputra (UC) Apartment Surabaya[3]. Setelah dilakukan perbaikan faktor daya sistem dengan menggunakan kapasitor bank di bus utama trafo 2000 kVA, maka power quality sistem mengalami peningkatan, yaitu faktor daya pada bus utama

sistem pada semua kondisi mengalami kenaikan hingga 0,93. Kondisi undervoltage pada beberapa bus sistem dapat teratasi, dan kondisi undervoltage bus yang belum teratasi mengalami peningkatan hingga 0,9%. Besarnya rugi-rugi daya sistem dapat diturunkan dikarenakan arus total pada sistem berkurang. Untuk rugi-rugi daya aktif dan reaktif pada kondisi beban puncak yang awalnya bernilai 57 kW dan 21 kVAR berkurang menjadi 56 kW dan 17 kVAR. Besarnya pemakaian daya reaktif (kVAR) total pada sistem berkurang, sehingga besarnya pemakaian daya total (kVA) juga berkurang. Oleh karena itu, gedung UC Apartment masih dapat melakukan penambahan beban maksimal sebesar 132 kVA.

- d. Studi Perbaikan Faktor Daya Pada Jaringan Listrik Konsumen Di Kecamatan Katobu Kabupaten Muna [4]. Hasil pengukuran serta dilakukan perhitungan dapat disimpulkan bahwa besar faktor daya dapat mempengaruhi penggunaan daya listrik. Semakin besar faktor daya maka semakin besar daya yang bisa digunakan. Daya 2.200 VA rata-rata  $\text{Cos}\phi$  yang mempengaruhi pemakaian daya pada konsumen yaitu sebesar 0,838 dengan besar pengaruh rata-rata selisih pemakaian daya sebesar 8,696 Watt, pada daya 1.300 VA rata-rata  $\text{Cos}\phi$  yang mempengaruhi pemakaian daya pada konsumen yaitu sebesar 0,848 dengan besar pengaruh rata-rata selisih pemakaian daya sebesar 7,02 Watt, pada daya 900 VA rata-rata  $\text{Cos}\phi$  yang mempengaruhi pemakaian daya pada konsumen yaitu sebesar 0,788 dengan besar pengaruh rata-rata selisih pemakaian daya sebesar 12,765 Watt. Sedangkan untuk besar persen perbaikan  $\text{Cos}\phi$  agar daya dapat digunakan sesuai standar PLN pada daya 2.200 VA rata-rata besar persen perbaikan  $\text{Cos}\phi$  untuk memperbaiki penggunaan daya pada konsumen yaitu sebesar 3,961%, pada daya 1.300 VA rata-rata besar persen perbaikan  $\text{Cos}\phi$  untuk memperbaiki penggunaan daya pada konsumen yaitu sebesar 2,941%, pada daya 900 VA rata-rata besar persen perbaikan  $\text{Cos}\phi$  untuk memperbaiki penggunaan daya pada konsumen yaitu sebesar 7,254%. Dengan demikian apabila faktor daya sesuai standar ketetapan PLN maka penggunaan pada

pelanggan akan menjadi maksimal dan tidak dilakukan perbaikan faktor daya.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Energi Listrik

Energi listrik adalah energi yang berhubungan dengan akumulasi arus elektron dan diukur dalam satuan Watt-jam atau kilo Watt-jam. Transisi energi ini terjadi melalui aliran elektron dalam konduktor tertentu. Energi listrik dapat disimpan dalam bentuk energi medan elektostatik, yang berkaitan dengan medan listrik yang dihasilkan oleh akumulasi muatan elektron pada pelat-pelat kapasitor. Energi medan listrik ini setara dengan energi medan elektromagnetik, yang berhubungan dengan medan magnet yang dihasilkan oleh aliran elektron melalui kumparan induksi. Peningkatan efisiensi energi listrik di sektor industri dapat dicapai dengan mengadopsi teknologi hemat energi, seperti melalui revitalisasi atau restrukturisasi mesin dan peralatan industri. Mesin atau peralatan yang sudah usang dan cenderung boros energi diganti dengan teknologi baru yang lebih efisien dalam penggunaan energi.[5].

Selain itu energi listrik juga dapat diartikan sebagai energi utama yang diperlukan untuk mengoperasikan peralatan listrik. Energi ini tersimpan dalam arus listrik, yang diukur dalam satuan Ampere (A), dengan tegangan dalam Volt (V), dan daya listrik yang dibutuhkan diukur dalam Watt (W). Energi ini digunakan untuk menjalankan motor, menyalakan lampu, memanaskan dan mendinginkan, atau menggerakkan peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi lain [6].

Energi yang digunakan pada alat elektronik untuk menghasilkan energi listrik merupakan laju konsumsi energi (daya) dikali dengan waktu pada saat alat tersebut digunakan. Bila dinyalakan secara sistematis dapat didefinisikan seperti persamaan (2.1).

$$W = P \times t \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan: W = Energi listrik (watt)

P = Daya Aktif (Watt)

t = Waktu (detik)

### 2.2.2 Manfaat Energi Listrik

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia sangat bergantung pada energi listrik untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, seperti memasak, berkomunikasi, belajar, dan lainnya. Kini, energi listrik tidak hanya dibutuhkan di kota-kota besar, tetapi juga mulai menjangkau daerah pedesaan. Energi listrik memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, antara lain:

#### a. Sumber Energi

Energi listrik dijadikan sebagai sumber energi karena listrik bisa dijadikan sebagai penghasil energi lainnya. Misalnya dalam menghidupkan berbagai macam peralatan rumah tangga dan juga peralatan elektronik lainnya.

#### b. Sebagai Penerangan

Saat di malam hari, energi listrik bisa dijadikan sebagai sumber penerangan. Energi listrik digunakan untuk menghasilkan cahaya dan kalor sehingga bisa digunakan untuk menyalakan lampu.

#### c. Sarana Hiburan

Sekarang banyak perangkat dan media hiburan yang bergantung pada energi listrik. Contohnya adalah media sosial pada smartphone, konsol seperti PlayStation, dan berbagai permainan elektronik lainnya yang memerlukan listrik..

#### d. Penghasil Panas

Listrik dapat digunakan sebagai sumber panas karena arus listrik bisa mengalir melalui elemen pemanas seperti nikel, yang menghasilkan panas. Panas ini kemudian dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada kompor listrik, penanak nasi, dan setrika. Semua peralatan ini mengubah energi listrik menjadi panas yang berguna.

#### e. Penghasil Gerak

Energi listrik yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari juga dapat diubah menjadi energi mekanik (gerak). Banyak peralatan rumah tangga yang memerlukan listrik untuk menghasilkan gerakan, seperti motor, mobil, kipas angin, dan lainnya.

### 2.2.3 Arus

Kata "arus" berasal dari bahasa Prancis yang berarti intensitas. Arus didefinisikan sebagai perubahan kecepatan muatan terhadap waktu. Dengan kata lain, arus adalah jumlah muatan yang mengalir dalam jangka waktu tertentu. Muatan sendiri adalah bagian terkecil dari sebuah atom atau sub-bagian dari atom. Jadi, arus adalah muatan yang dapat bergerak. Selama muatan tersebut bergerak, arus akan muncul, tetapi jika muatan berhenti, arus juga akan hilang.

Arus digambarkan dengan simbol ( $I$ ) yang memiliki satuan Ampere (A). Secara sistematis, arus didefinisikan seperti persamaan (2.2):

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:  $I$  = Kuat arus listrik (Amper)

$V$  = Tegangan listrik (Volt)

$R$  = Hambatan (Ohm)

### 2.2.4 Macam-Macam Arus

Arus listrik dapat dibedakan ke dalam dua jenis yaitu:

#### a. Arus Searah (Direct Current/DC)

Arus DC atau arus searah adalah arus listrik yang memiliki polaritas tetap atau konstan sepanjang waktu. Ini berarti, tidak peduli kapan atau di mana kita mengukur arus tersebut, polaritasnya akan tetap sama, baik selalu positif atau selalu negatif. Sumber arus DC bisa berasal dari elemen Galvanis, aki, generator searah, baterai, dan lainnya. Contoh penggunaannya bisa kita temukan pada perangkat elektronik seperti *handphone* dan laptop.

#### b. Arus Bolak-Balik (*Alternating Current/AC*)

Arus AC adalah arus listrik yang bergerak bolak-balik antara dua ujung penghantar. Polaritas arus AC berubah-ubah seiring waktu, sehingga pada satu waktu bisa positif dan pada waktu lain negatif. Arus AC sering digambarkan sebagai gelombang sinus. Sumber arus AC termasuk listrik dari PLN dan generator arus bolak-balik. Peralatan elektronik seperti kipas angin, lampu, setrika, dan televisi menggunakan arus AC. Saat ini, arus AC dapat diubah menjadi arus DC dengan menggunakan adaptor atau power supply, seperti yang terdapat pada charger laptop dan handphone.

### 2.2.5 Tegangan

Tegangan (voltage) atau yang sering disebut dengan beda potensial adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan muatan sebesar satu Coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya. Dengan kata lain, jika suatu muatan sebesar satu Coulomb digerakkan atau dipindahkan, maka akan terdapat beda potensial pada kedua terminalnya. Kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan. Jadi, berdasarkan pengertian diatas, tegangan adalah energi persatuan muatan, seperti ditunjukkan seperti persamaan (2.3) :

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan: V = Tegangan listrik (Volt)

I = Kuat arus listrik (Amper)

R = Hambatan (Ohm)

### 2.2.6 Daya listrik

Daya listrik adalah jumlah energi yang digunakan atau dihasilkan dalam sebuah rangkaian listrik. Tegangan listrik yang ada dalam rangkaian akan menghasilkan daya listrik, sedangkan perangkat yang terhubung akan menggunakan daya tersebut. Jadi, daya listrik mengukur seberapa cepat energi dikonsumsi dalam rangkaian listrik.[6].

Daya dikatakan positif ketika arus yang mengalir bernilai positif, artinya arus mengalir dari sumber tegangan menuju rangkaian (transfer energi dari sumber ke rangkaian). Daya dikatakan negatif ketika arus yang mengalir bernilai negatif, artinya arus mengalir dari rangkaian menuju sumber tegangan (transfer energi dari sumber ke sumber). Daya merupakan rata-rata kerja yang dilakukan.

Adapun untuk menghitung daya seperti persamaan (2.4):

$$P = V \times I \times \text{Cos}\phi \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan: P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

Cos $\phi$  = Faktor daya

### 2.2.7 Macam-macam daya

Sistem tenaga listrik umumnya terdiri dari tiga bagian utama: pembangkit listrik, pusat beban (tempat distribusi atau load centre), dan transmisi (penyaluran daya). Jarak antara pembangkit listrik dan pusat beban tergantung pada lokasi dan jenis pembangkit yang digunakan. Misalnya, Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) dibangun di lokasi dengan sumber air seperti air terjun atau bendungan. Sementara itu, Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) harus dekat dengan sumber air dan biasanya memiliki jarak yang lebih fleksibel dibandingkan PLTA.

Karena jaraknya yang berbeda-beda antara pusat listrik dan pusat beban, maka panjang kawat (saluran) transmisi yang digunakan untuk dapat membangkitkan daya listrik akan berbeda-beda pula sesuai dengan kebutuhan.

Untuk pengertian daya sendiri, dapat dikatakan sebagai hasil kali antara tegangan dengan arus yang dipengaruhi oleh faktor daya ( $\cos\phi$ ).

Adapun daya listrik terbagi menjadi tiga macam, yaitu:

- a. Daya aktif
- b. Daya reaktif
- c. Daya semu

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

#### a. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan mesinmesin listrik atau peralatan lainnya. Daya aktif disebut juga daya nyata yaitu daya yang dibutuhkan oleh beban dan yang sebenarnya digunakan oleh konsumen. Satuannya adalah Watt, KW atau MW. Dan untuk daya aktif sama dengan satuan daya mekanik MP. Seperti persamaan (2.5) sampai (2.6) .

Untuk satu fasa:

$$P = V_n \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots(2.5)$$

Untuk tiga fasa:

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan: P = Daya aktif (Watt)  
 I = Arus (Ampere)  
 $\sqrt{3}$  = Perkalian 3 Phasa  
 VN = Tegangan fasa netral (Volt)  
 VL = Tegangan fasa (Volt)  
 Cos  $\varphi$  = Faktor daya

#### b. Daya reaktif (Q)

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, yang mana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya ini timbul akibat adanya efek induksi elektromagnetik oleh beban yang mempunyai nilai kapasitif karena fase arus mendahului/leading terhadap tegangan atau induktif, yaitu fase arus tertinggal/lagging terhadap tegangan. Daya reaktif ini adalah hasil kali besarnya arus dikalikan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor kerja sin  $\varphi$  yang digunakan untuk menghasilkan medan magnet. Atau dapat didefinisikan sebagai daya rugi atau daya yang hilang sehingga semakin besar sudutnya atau semakin kecil faktor dayanya maka ruginya semakin besar. Satuannya adalah VAR, KVAR, MVAR.

Daya reaktif ini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan (2.7) sampai (2.8):

Untuk satu fasa:

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

Untuk tiga fasa:

$$Q = \sqrt{3} \times V_L \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan: Q = Daya reaktif (VAR)  
 I = Arus (Ampere)  
 $\sqrt{3}$  = Perkalian 3 Phasa  
 VN = Tegangan fasa netral (Volt)  
 VL = Tegangan fasa (Volt)

#### c. Daya Semu (S)

Daya semu adalah daya listrik yang melewati suatu penghantar transmisi atau distribusi, dimana daya tersebut merupakan hasil kali antara tegangan dengan arus yang melalui penghantar atau penjumlahan daya aktif dan reaktif secara vektoris.

Selain itu, daya semu merupakan daya yang terukur atau terbaca pada alat ukur yang dibangkitkan oleh generator pada sistem pembangkit listrik. Daya semu terdiri dari daya aktif dan daya reaktif. Dimana satuan besarnya adalah VA, KVA atau MVA. Untuk penjelasannya dapat seperti persamaan (2.9) sampai (2.10).

Untuk satu fasa:

$$S = V_n \times I \dots\dots\dots(2.9)$$

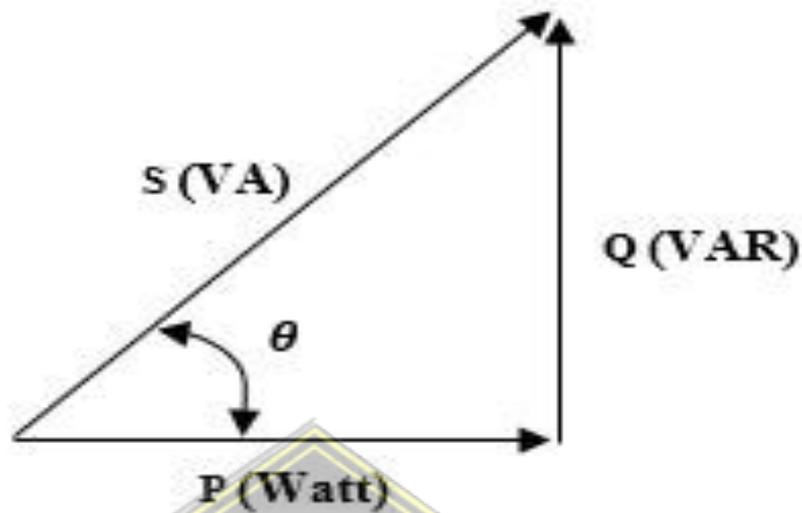
Untuk tiga fasa:

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan: S = Daya semu (VA)  
 I = Arus (Ampere)  
 $\sqrt{3}$  = Perkalian 3 Phasa  
 VN = Tegangan fasa netral (Volt)  
 VL = Tegangan fasa (Volt)

#### d. Segitiga daya

Segitiga daya adalah cara untuk menggambarkan hubungan antara tiga jenis daya dalam sistem listrik: daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Dalam segitiga daya, daya aktif digambarkan sebagai vektor horizontal, sedangkan daya reaktif digambarkan sebagai vektor vertikal. Daya semu adalah vektor yang menghubungkan kedua vektor daya aktif dan daya reaktif, membentuk segitiga siku-siku. Dengan segitiga daya ini, kita bisa melihat bagaimana ketiga jenis daya tersebut saling berhubungan. Bentuk segitiga daya ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Gambar segitiga daya

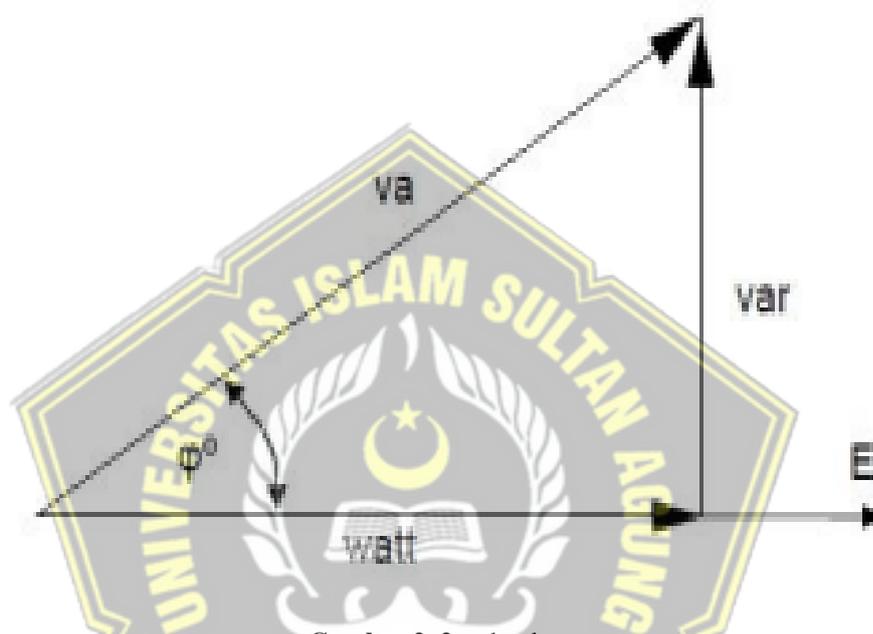
Perbandingan antara besarnya daya aktif dengan daya semu disebut faktor daya ( $\cos \varphi$ ). Besarnya  $\varphi$  adalah sudut yang dibentuk antara daya aktif dan daya semu. Sudut  $\varphi$  merupakan sudut pergeseran fasa, semakin besar sudutnya maka semakin besar daya reaktifnya. Sehingga, faktor daya ini terjadi karena adanya pergeseran fasa yang disebabkan oleh adanya beban kapasitif dan atau beban induktif/kumparan. Dalam teori listrik arus bolak-balik penjumlahan daya dilakukan secara vektoris, yang vektornya membentuk segitiga siku-siku, yang dikenal dengan sebutan segitiga daya.

#### e. Faktor Daya

Faktor daya, atau power factor (PF), adalah kosinus dari perbedaan sudut antara arus dan tegangan. Faktor daya ini memiliki rentang nilai dari 0 sampai 1, yang biasanya dilambangkan dengan ( $\cos \varphi$ ). Semakin mendekati nilai 1, semakin baik faktor daya tersebut. Sebaliknya, jika nilainya semakin mendekati 0, maka faktor daya dianggap buruk[7]. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi, oleh karena itu dalam perbaikan PF diperlukan keseimbangan antara sifat kapasitif dan induktif dalam rangkaian.

Kemudian untuk mencari nilai faktor daya dapat dilakukan dengan membagi daya aktif ( $P$ ) dengan daya semu ( $S$ ). Daya semu merupakan hasil penjumlahan

trigonometri daya aktif dan reaktif yang disimbolkan dengan ( S ) dengan satuannya adalah VA (volt ampere)[8], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Faktor daya akan membesar atau meningkat ketika nilai mendekati nilai 1 atau sudut akan mendekati sudut 0.



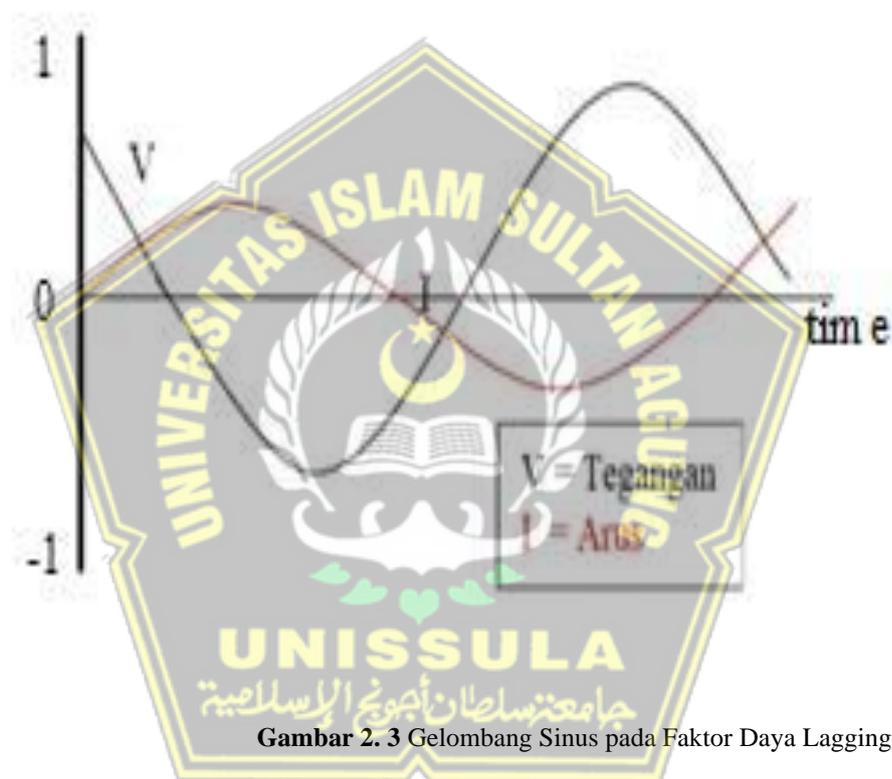
Gambar 2. 2 sudut daya

Gambar 2.2 menunjukkan apabila daya reaktif lebih tinggi maka akan meningkatkan sudutnya sehingga menghasilkan faktor daya menjadi lebih rendah. Faktor daya mempunyai nilai range antara 0-1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Dapat dilihat juga bahwa faktor daya menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu [9]. Daya reaktif (Q) ini merupakan jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, daya reaktif juga dipahami sebagai daya yang tidak dihamburkan oleh beban atau dengan kata lain merupakan daya yang diserap namun dikembalikan ke sumbernya[8].

Faktor daya dibagi menjadi dua macam, yaitu: faktor daya tertinggal (lagging) dan faktor daya mendahului (leading). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat penjelasannya dibawah ini.

### 1. Faktor daya tertinggal (*Lagging*)

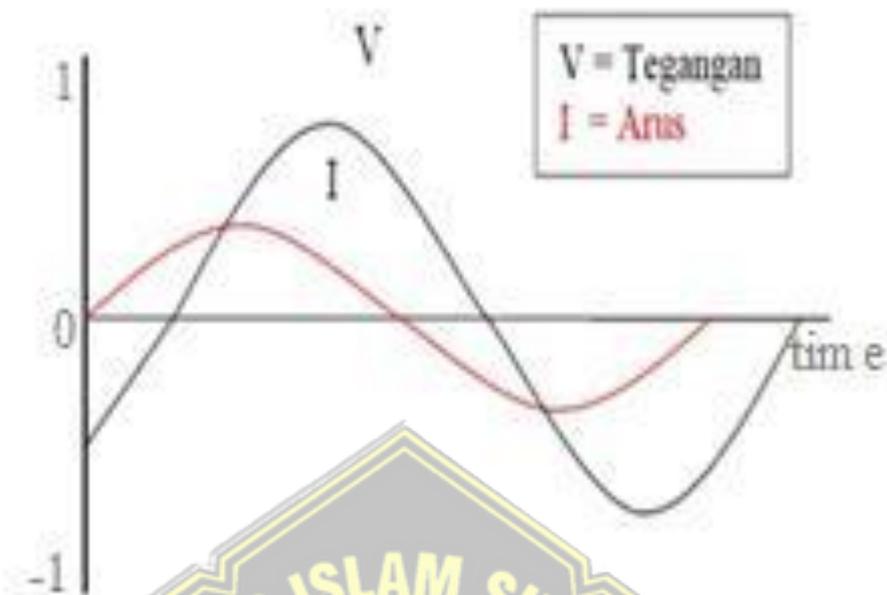
Faktor daya tertinggal (*lagging*) terjadi ketika beban bersifat induktif dan membutuhkan daya reaktif dari sistem. Pada kondisi ini, nilai ( $\cos \phi$ ) akan positif. Dalam gelombang sinus, tegangan ( $V$ ) akan mendahului arus ( $I$ ), atau arus ( $I$ ) akan tertinggal dibandingkan tegangan ( $V$ ) dengan sudut ( $\phi$ ). Gelombang sinus pada faktor daya lagging seperti Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Lagging

### 2. Faktor daya mendahului (*leading*)

Faktor daya mendahului (*leading*) menunjukkan kondisi disaat beban bersifat kapasitif dan memberikan daya reaktif ke jaringan. Nilai ( $\cos \phi$ ) pada saat kondisi leading akan bernilai negatif. Kemudian pada gelombang sinus, tegangan ( $V$ ) akan tertinggal terhadap arus ( $I$ ) atau arus ( $I$ ) akan mendahului tegangan ( $V$ ) sebesar sudut ( $\phi$ ). Gelombang sinus pada faktor daya leading seperti Gambar 2.4.



**Gambar 2. 4** Gelombang Sinus pada Faktor Daya leading

Bila nilai  $pf$  lebih kecil dari 0,85 ( $< 0,85$ ) maka kapasitas daya aktif (kW) yang digunakan akan berkurang. Akibat penurunan nilai  $pf$ , maka akan timbul beberapa persoalan diantaranya:

1. Membesarnya konsumsi daya aktif (kWH) karena rugi-rugi.
2. Membesarnya konsumsi daya reaktif (kVAR).
3. Mutu listrik menjadi rendah akibat tegangan jatuh (voltage drops).

### 2.2.8 Kapasitor bank

Kapasitor adalah perangkat sederhana yang terdiri dari dua pelat logam yang dipisahkan oleh bahan isolasi. Fungsi utama kapasitor adalah untuk mengatur tegangan aliran daya reaktif di lokasi pemasangannya. Beberapa kapasitor bisa dihubungkan secara paralel untuk mencapai kapasitas kapasitif yang diinginkan. Satuan yang umum digunakan untuk kapasitor Bank adalah kVAR (Kilovolt-ampere reaktif), meskipun kapasitor tersebut juga dapat dicantumkan dalam satuan kapasitansi seperti Farad atau mikrofard. Kapasitor ini memiliki sifat kapasitif (leading), sehingga dapat mengurangi atau menghilangkan sifat induktif (lagging). Kapasitor Bank berfungsi untuk menyeimbangkan efek induktif dalam sistem [10].

Kapasitor Bank digunakan untuk memperbaiki penurunan faktor daya dalam jaringan listrik yang disebabkan oleh beban induktif dengan cara menambahkan kompensasi kapasitif atau memberikan kompensasi daya reaktif ( $Q_c$ ). Saat memilih ukuran kapasitor bank, penting untuk mempertimbangkan seberapa besar penurunan faktor daya dan seberapa banyak koreksi yang dibutuhkan. Kesalahan dalam pemilihan kapasitor dapat mengakibatkan tidak tercapainya koreksi faktor daya yang diinginkan. Pada industri besar, kapasitor sering dirangkai dalam panel yang disebut panel kapasitor bank. Di dalam panel ini, terdapat resistor yang berfungsi untuk membuang sisa tegangan. Biasanya, kapasitor bank dipasang oleh pabrikan dalam rangkaian seri atau paralel dalam kelompok, dengan lapisan logam, dan tersedia dalam berbagai rating tegangan sekitar 240V-24940V serta rating kapasitas sekitar 2,5-1000 kVAr. [11].

Terdapat beberapa metode untuk melakukan perhitungan kebutuhan kapasitor bank antara lain:

a. Metode Perhitungan

Kebutuhan Kompensasi Reactive Power ( $Q_c$ ) yang dibutuhkan untuk mencapai power factor (pf) dapat dihitung seperti persamaan (2.11):

$$Q_c = (\varphi_1 - \varphi_2) \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan:  $Q_c$  = Kompensasi Reactive Power yang dibutuhkan (kVAR).

$\varphi_1$  = Power Factor (pf) awal.

$\varphi_2$  = Power Factor (pf) target.

b. Metode Tabel Kompensasi

Menghitung besarnya daya reaktif dapat pula dilakukan melalui tabel kompensasi. Tabel ini menyajikan suatu data dengan input pf sebenarnya dan pf yang diinginkan, sehingga besarnya faktor pengali dapat dilihat melalui tabel kompensasi.

c. Metode Kuitansi PLN

Untuk menghitung besarnya daya reaktif menggunakan metode ini, diperlukan data dari kuitansi PLN selama satu periode (misalnya enam bulan sampai dengan satu tahun). Dari kuitansi PLN tersebut dapat diketahui daya aktif maupun

reaktifnya sehingga bisa dihitung faktor daya dan kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya.

#### d. Metode Segitiga Daya

Metode ini dipakai jika data yang diketahui adalah data daya aktif (P) dan daya nyata (S). Perhitungannya dilakukan dengan segitiga daya.

### 2.2.9 Suplai daya listrik

Kapasitas suplai daya sangat dipengaruhi oleh jumlah daya yang diperlukan oleh beban yang terpasang serta kondisi saat beban mencapai puncaknya (Peak Load). Kebutuhan tenaga listrik untuk suatu perusahaan atau industri harus disesuaikan dengan tingkat produktivitasnya. Yang terpenting adalah memastikan kontinuitas dan keandalan tinggi dalam menyediakan layanan listrik. Suplai daya listrik terdiri dari:

- a. Suplai daya listrik dari PLN
- b. Suplai daya listrik dari Generator Set (GENSET)

### 2.2.10 Beban listrik

Beban listrik (Electrical Load) diartikan sebagai banyaknya jumlah energi listrik yang dikonsumsi oleh konsumen. Beban listrik dapat dibagi menjadi beban seimbang dan beban tidak seimbang. Pada beban seimbang jumlah daya yang dibangkitkan oleh generator tiga fasa atau daya yang diserap oleh beban tiga fasa, diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap-tiap fasa. Daya total tersebut sama dengan tiga kali dari jumlah daya fasa, karena daya pada tiap-tiap fasanya konstan (sama). Dan besar perbedaan sudut fasa antara tiap fasanya adalah  $120^\circ$ [12].

Beban listrik juga didefinisikan sebagai segala sesuatu yang ditanggung oleh pembangkit listrik atau bisa disebut segala sesuatu yang membutuhkan tenaga/daya listrik. Selain itu, definisi beban listrik diuraikan kedalam 4 (empat) point berikut ini:

- a. Suatu peralatan yang terkoneksi dengan sistem daya sehingga mengkonsumsi energi listrik

- b. Total daya aktif dan/atau reaktif yang dikonsumsi oleh suatu peralatan yang terkoneksi ke sistem daya
- c. Bagian dari suatu sistem daya yang secara eksplisit tidak direpresentasikan model sistem, namun berlaku sebagai single power-consuming device
- d. Daya keluaran suatu sistem pembangkitan (power plant)

### 2.2.11 Jenis beban listrik

Dalam sistem listrik arus bolak-balik, jenis beban dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) macam yaitu:

#### a. Beban Resistif (R)

Beban resistif (R) adalah beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm (resistance) saja, dihasilkan dari rangkaian yang terdiri dari penghambat berupa resistor murni, seperti elemen pemanas (heating element) dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya mengkonsumsi beban aktif saja dan mempunyai faktor daya sama dengan 1 (satu). Pada beban resistif arus dan tegangan akan sefasa.

Seperti persamaannya (2.12).

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan: P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

#### b. Beban induktif (L)

Beban induktif (L) adalah jenis beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi, seperti coil, solenoida, dan transformator. Beban ini dapat menyebabkan pergeseran fasa pada arus, sehingga memiliki sifat lagging. Hal ini terjadi karena energi yang disimpan dalam bentuk medan magnetis menyebabkan arus tertinggal dibandingkan tegangan. Beban induktif menyerap daya aktif dan daya reaktif dengan faktor daya lagging, yaitu ketika tegangan mendahului arus sebesar sudut ( $\phi$ ). Persamaan daya aktif untuk beban induktif persamaan (2.13) dan gelombang arus dan tegangan pada beban Induktif seperti pada Gambar 2.5.

$$P = V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan :  $P$  = 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 beban kapasitif (C)

Beban kapasitif (C) adalah beban yang memiliki kemampuan untuk menyimpan energi melalui pengisian listrik dalam sebuah sirkuit. Beban ini membuat arus mendahului tegangan. Beban kapasitif menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Dalam bentuk gelombangnya, arus akan mendahului tegangan sebesar  $90^\circ$ , seperti pada Gambar 2.6. daya aktif untuk beban kapasitif seperti persamaan (2.14).

$$P = V \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3} \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan:  $P$  = Daya aktif (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

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



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

### 2.2.12 Software ETAP 19.0.1

ETAP, yang merupakan singkatan dari Electric Transient and Analysis Program, adalah perangkat lunak yang digunakan dalam sistem tenaga listrik. Software ini membantu dalam membuat simulasi untuk analisis sistem jaringan listrik sebelum atau selama perancangan. ETAP memungkinkan pengguna untuk menganalisis berbagai bagian dari sistem tenaga listrik, mulai dari pembangkit energi, sistem transmisi, sistem distribusi, hingga beban yang ada [13]. ETAP (Electrical Transient Analysis Program) adalah perangkat lunak analisis yang lengkap untuk merancang dan mensimulasikan sistem tenaga listrik. Dengan ETAP, pengguna dapat melakukan analisis seperti penurunan tegangan, faktor daya, dan kerugian jaringan. ETAP juga dapat memberikan peringatan tentang bus yang mengalami tegangan rendah (under voltage) atau tegangan tinggi (over voltage), sehingga pengguna dapat mengidentifikasi bus yang tidak berfungsi secara optimal. Untuk memastikan hasil analisis yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan, diperlukan data rangkaian yang lengkap dan tepat[14].

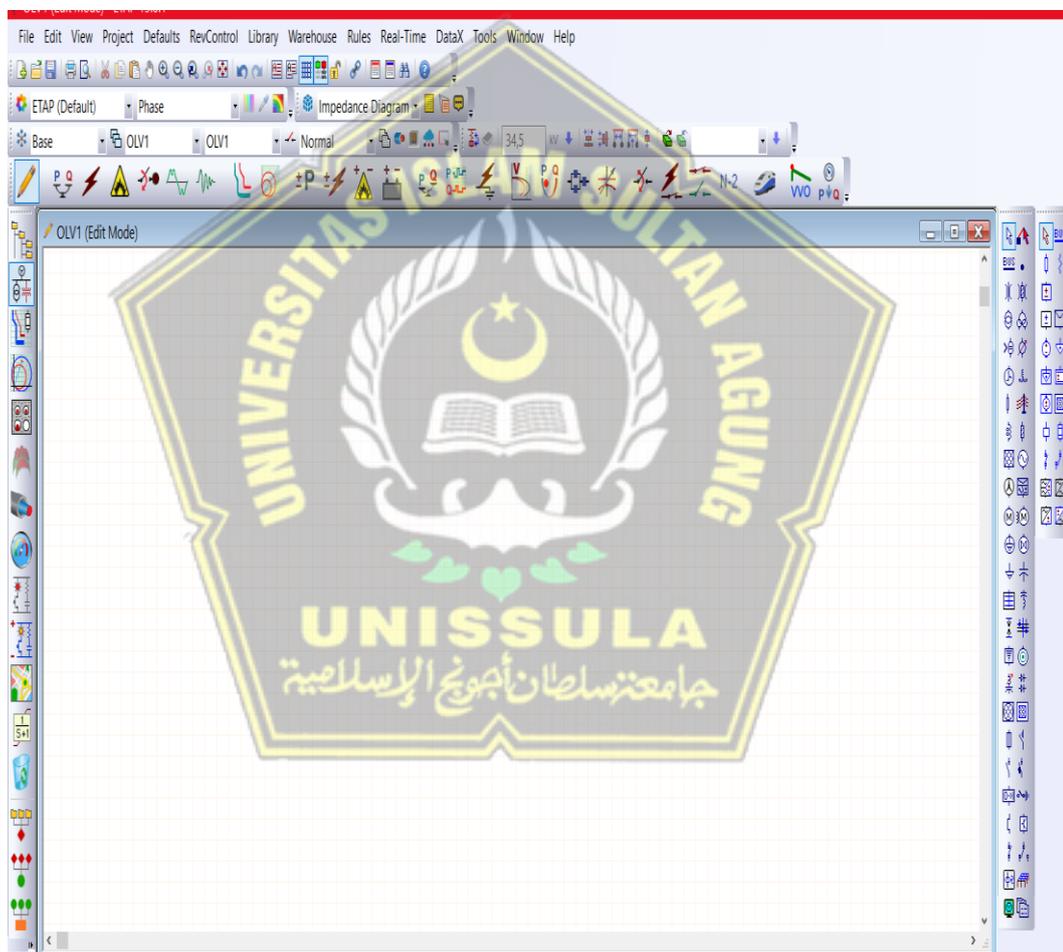
ETAP menawarkan berbagai fitur untuk menganalisis berbagai aspek sistem tenaga listrik, termasuk pembangkitan tenaga, sistem transmisi, dan distribusi tenaga. Awalnya, ETAP dikembangkan untuk meningkatkan keamanan fasilitas nuklir di Amerika Serikat, namun kemudian berkembang menjadi alat untuk manajemen energi secara real-time, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik. ETAP memungkinkan pengguna untuk merancang proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem pentanahan. ETAP juga mendukung berbagai jenis analisis, seperti aliran daya, hubung singkat, start motor, kestabilan transien, koordinasi relay proteksi, dan harmonisasi sistem.

Proyek sistem tenaga listrik memiliki elemen-elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis atau jalur sistem pentanahan. Untuk memudahkan, hasil perhitungan analisis bisa ditampilkan langsung pada diagram satu garis. ETAP Power Station memungkinkan pengguna untuk bekerja langsung dengan tampilan diagram satu garis, sehingga mempermudah proses analisis. [15]. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama yaitu sebagai berikut:

- a. Virtual Reality Operasi Sistem dalam program ini sangat mirip dengan kondisi nyata. Misalnya, Anda dapat membuka atau menutup sirkuit breaker, menambahkan elemen ke sistem, mengubah status operasi motor, dan menunjukkan elemen serta subelemen yang tidak berenergi dalam diagram satu garis dengan warna abu-abu.
- b. Total otal Integration Data di ETAP Power Station menggabungkan informasi dari sistem kelistrikan, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik elemen dalam satu database. Misalnya, untuk elemen seperti kabel, tidak hanya disediakan data tentang kelistrikan dan dimensi fisik, tetapi juga informasi mengenai jalur atau raceways yang dilalui kabel tersebut. Dengan cara ini, data untuk kabel dapat digunakan dalam analisis aliran beban (load flow analysis) dan analisis hubung singkat (short-circuit analysis), yang memerlukan parameter listrik, data koneksi, dan perhitungan derating ampacity kabel yang melibatkan informasi tentang jalur fisiknya. Kemudahan Entri Data ETAP Power Station menyediakan data yang sangat rinci untuk setiap elemen yang digunakan. Penggunaan editor data mempermudah dan mempercepat proses

entri data elemen. Data yang ada dalam program ini telah disesuaikan dengan data lapangan untuk berbagai jenis analisis atau desain

- c. Simplicity in Data Entry Etap Power Station memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7.

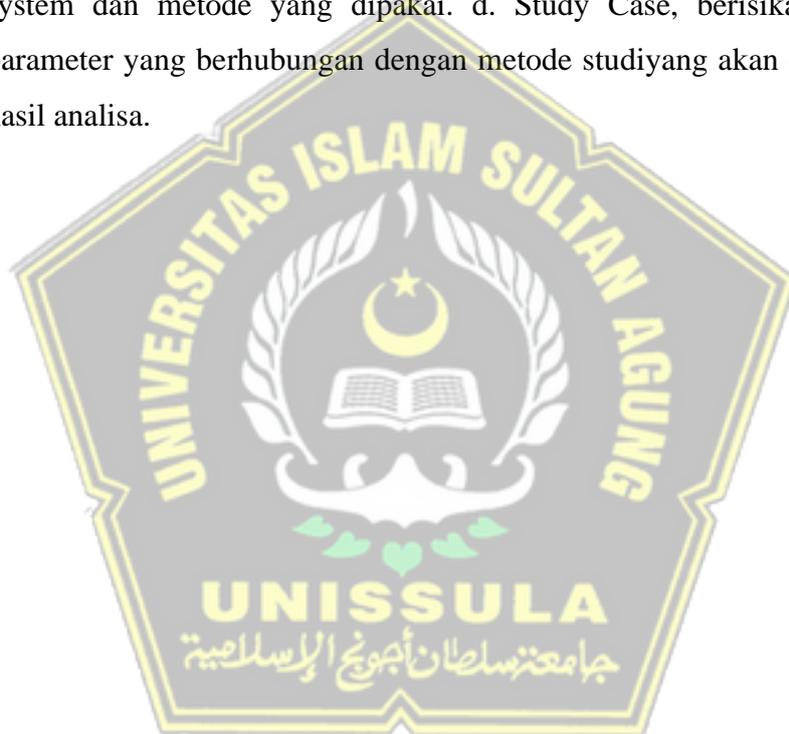


**Gambar 2. 7** Tampilan awal software ETAP 19.0.1

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

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat menggunakan ETAP Power Station adalah sebagai berikut:

- a. *One Line Diagram*, menunjukkan hubungan antar komponen peralatan listrik sehingga membentuk dan mengabungkan sistem kelistrikan.
- b. Library, merupakan informasi mengenai semua komponen yang akan dipakai pada system kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang lengkap, dan dapat mempermudah dalam pemakaiannya.
- c. Standart yang dipakai, mengacu pada standart IEC atau ANSI, frekuensi pada system dan metode yang dipakai.
- d. Study Case, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan hasil analisa.



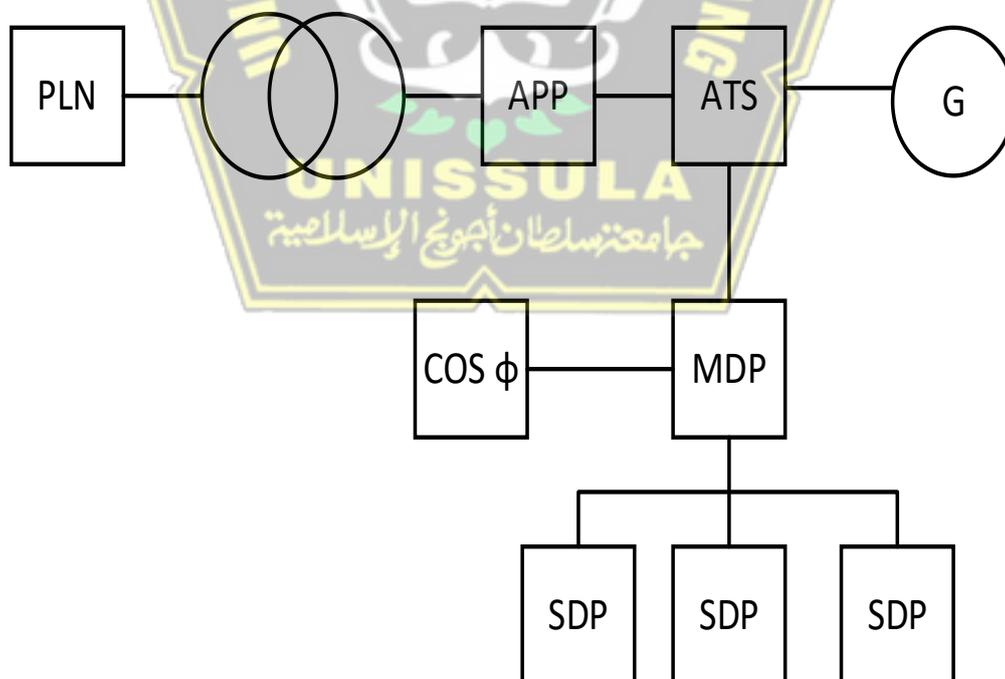
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Obyek Penelitian

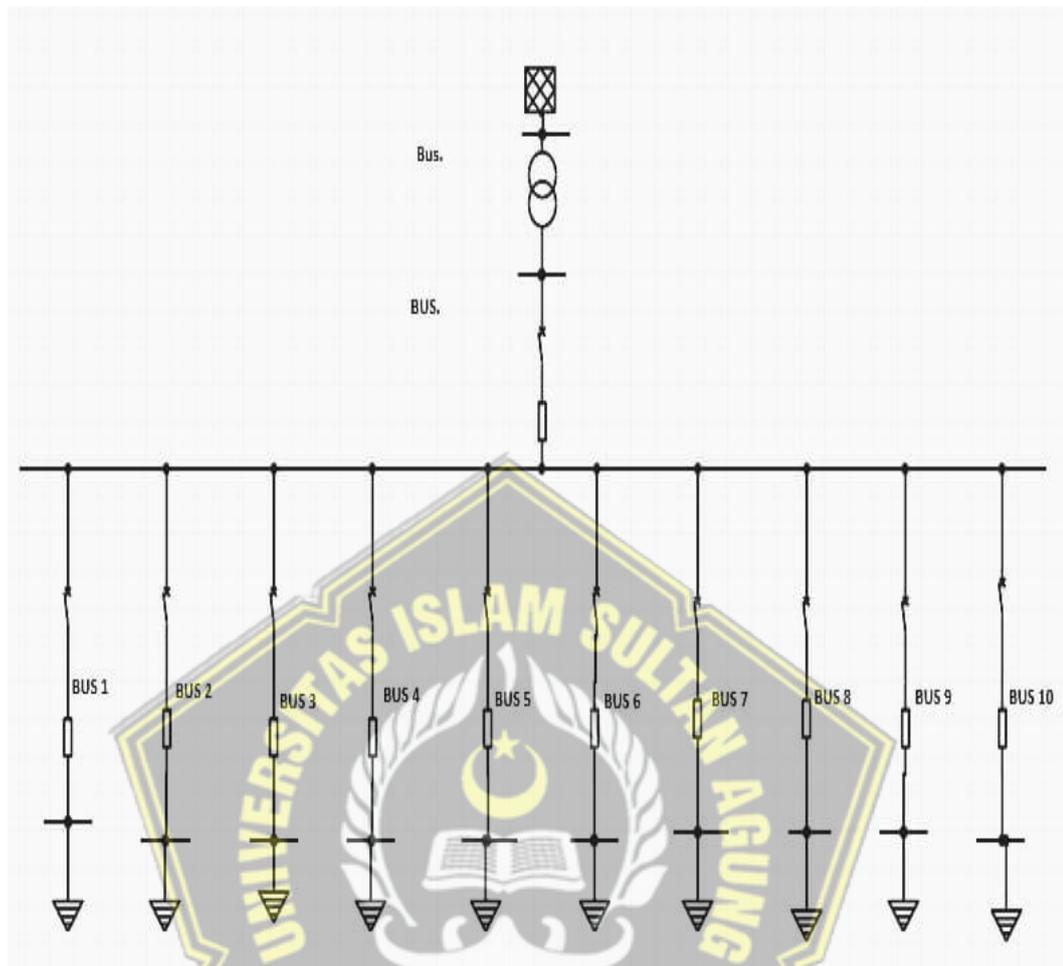
Obyek penelitian ini dilaksanakan pada gedung bangunan Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut Sultan Agung Semarang (RSIGM). Dalam penelitian ini dimulai dengan melakukan observasi pada gedung Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut Sultan Agung guna mendapatkan data yang akurat dengan tujuan mengukur dan menganalisa. Sedangkan untuk mempermudah dalam menganalisa hal tersebut maka diperlukan gambaran suatu penelitian yang digunakan sebagai acuan dasar.

### 3.2 Model Penelitian

Penelitian ini adalah dengan melakukan pengukuran pada Main Distribution Panel (MDP) dan Sub Distribution Panel (SDP) seperti pada Gambar 3.1, diawali dengan melakukan pengambilan data meliputi arus, tegangan, daya, faktor daya, kemudian dibuatkan rangkaian pada ETAP 19.0.1. ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3. 1** Model Penelitian



Gambar 3. 2 Rangkaian SLD simulasi ETAP 19.0.1

Keterangan:

1. BUS 1 = SDP Penerangan lantai 1.
2. BUS 2 = SDP AC lantai 1.
3. BUS 3 = SDP Penerangan lantai 2.
4. BUS 4 = SDP AC lantai 2.
5. BUS 5 = SDP penerangan lantai 3.
6. BUS 6 = SDP AC lantai 3.
7. BUS 7 = SDP Penerangan lantai 4.
8. BUS 8 = SDP AC lantai 4.
9. BUS 9 = SDP Penerangan lantai 5.
10. BUS 10 = SDP AC lantai 5.

### 3.3 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam melaksanakan pengukuran dan penelitian pada Gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut Islam Sultan Agung adalah sebagai berikut:

1. Volt Meter
2. Amper Meter
3. Watt Meter
4. Cos phi Meter
5. ETAP 19.0.1

### 3.4 Langkah – Langkah Penelitian

Langkah-langkah Penelitian pada Gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut Islam Sultan Agung sebagai berikut:

1. Pengambilan Data  
Pengambilan data pada MDP dan SDP pada gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut Islam Sultan Agung meliputi tegangan, arus, faktor daya, daya semu, daya aktif, dan daya reaktif.
2. Menghitung nilai daya aktif (KW).
3. Menghitung daya semu (KVA).
4. Menghitung daya Reaktif (Q).
5. Menghitung daya semu (KVA) dengan cos phi target 0,85 dan 1.
6. Menghitung daya reaktif untuk Perbaikan.
7. Menghitung kebutuhan kapasitor bank.
8. Membuat rangkaian simulasi dengan menggunakan ETAP 19.0.1
9. Perbaikan faktor daya menggunakan simulasi ETAP 19.0.1.
10. Faktor daya sebelum perbaikan dengan simulasi ETAP 19.0.1.
11. Faktor daya sesudah perbaikan dengan simulasi ETAP 19.0.1.

### 3.5 Data Penelitian

Data penelitian pada gedung RSIGM Sultan Agung Semarang pada dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1** Data Penelitian

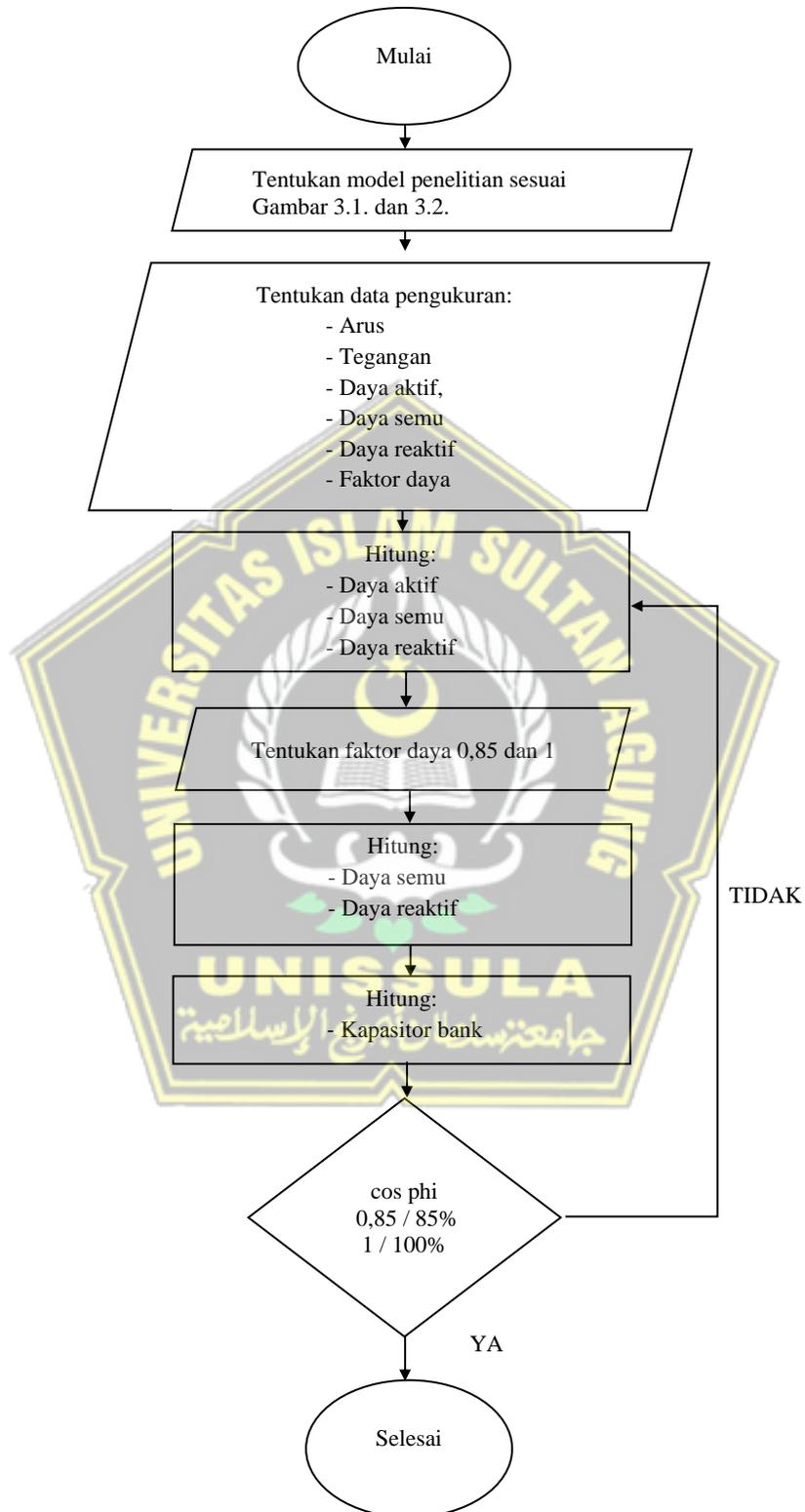
<b>Identitas Bus</b>	<b>Fasa</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Faktor Daya</b>	<b>Daya Semu S (KVA)</b>	<b>Daya Aktif P (KW)</b>	<b>Daya Reaktif Q (KVAR)</b>
MDP	RN	219,8	185,2	0,986	40,690	40,110	6,846
	SN	223,3	198,1	0,981	44,220	43,390	8,527
	TN	244,8	142,8	0,967	32,060	31,000	8,176
SDP Penerangan Lantai 1	RN	221,5	5,65	0,814	1,251	1,024	0,719
	SN	221,8	4,96	0,884	1,100	0,973	0,513
	TN	223,8	6,34	0,792	1,419	1,124	0,866
SDP AC Lantai 1	RN	222,4	4,19	0,991	0,932	0,924	0,122
	SN	221,6	24	0,984	5,320	5,320	0,000
	TN	223,8	26,8	0,985	5,990	5,900	1,034
SDP Penerangan Lantai 2	RN	219,4	22,1	0,972	4,860	4,720	1,158
	SN	221,1	15,84	0,978	3,503	3,427	0,726
	TN	223,8	10,84	0,964	2,427	2,351	0,603
SDP AC Lantai 2	RN	220,2	41,0	0,986	9,090	8,910	1,800
	SN	220,7	47,9	0,985	10,57	10,40	1,888
	TN	223,7	33,8	0,981	7,540	7,390	1,496
SDP Penerangan Lantai 3	RN	220,1	3,04	0,759	0,669	0,508	0,435
	SN	220,4	2,31	0,634	0,509	0,323	0,393
	TN	223,1	3,16	0,725	0,704	0,511	0,484
SDP AC Lantai 3	RN	221,3	16,8	0,995	3,724	3,705	0,376
	SN	220,8	34,8	0,964	7,640	7,410	1,861
	TN	223,4	29,9	0,977	6,640	6,530	1,204
SDP Penerangan Lantai 4	RN	221,4	5,22	0,816	1,155	0,943	0,667
	SN	221,0	3,46	0,833	0,765	0,637	0,424
	TN	224,2	7,69	0,917	1,724	1,580	0,690
	RN	219,8	43,5	0,989	10,01	9,900	1,480

<b>Identitas Bus</b>	<b>Fasa</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Faktor Daya</b>	<b>Daya Semu S (KVA)</b>	<b>Daya Aktif P (KW)</b>	<b>Daya Reaktif Q (KVAR)</b>
SDP AC Lantai 4	SN	219,7	28,3	0,989	6,210	6,130	0,994
	TN	223,5	20,4	0,981	4,560	4,480	0,850
SDP Penerangan Lantai 5	RN	225,8	4,35	0,692	0,986	0,683	0,711
	SN	224,6	6,28	0,908	1,411	1,281	0,592
	TN	227,8	5,14	0,737	1,171	0,863	0,791
SDP AC Lantai 5	RN	219,7	12,6	0,995	3,401	3,383	0,349
	SN	219,2	37,8	0,989	8,280	8,110	1,669
	TN	222,5	13,6	0,982	3,025	2,970	0,574

### 3.6 Flowchart Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan pelaksanaan yang tersusun secara runtut untuk mendapatkan data dan hasil analisa pengukuran. Secara garis besar diagram alir ditunjukkan pada Gambar 3.3.





**Gambar 3. 3** Flowchart

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Hasil penelitian ini diawali dengan menentukan model penelitian sesuai Gambar 3.1 dan Gambar 3.2, kemudian menentukan data penelitian dan pengukuran arus, tegangan, daya aktif, daya semu, daya reaktif, dan faktor daya seperti pada Tabel 4.1, setelah menentukan data dan melakukan pengukuran selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai daya aktif pada point 4.2.1, menghitung nilai daya semu pada poin 4.2.2, menghitung nilai daya reaktif pada poin 4.2.3, menghitung daya semu dengan  $\cos \phi$  target pada poin 4.2.4, menghitung nilai daya reaktif untuk perbaikan pada poin 4.2.5 dan menghitung kebutuhan kapasitor bank pada BUS 1, BUS 5, BUS 9 pada poin 4.2.6.

##### 4.1.1 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran ditemukan nilai faktor daya pada sub distribution panel yaitu pada BUS 1 pada Fasa R 0,814, Fasa S 0,884, dan Fasa T 0,792. BUS 5 pada Fasa R 0,759, pada Fasa S 0,634, dan Fasa T 0,725 dan BUS 9 pada Fasa R 0,692 dan Pada Fasa T 0,737. Data penelitian ditunjukkan pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2.

**Tabel 4. 1.** Hasil pengukuran MDP dan SDP RSIGM Sultan Agung

Identitas Bus	Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Daya	Daya Semu S (KVA)	Daya Aktif P (KW)	Daya Reaktif Q (KVAR)
MDP	RN	219,8	185,2	0,986	40,690	40,110	6,846
	SN	223,3	198,1	0,981	44,220	43,390	8,527
	TN	244,8	142,8	0,967	32,060	31,000	8,176
BUS 1	RN	221,5	5,65	0,814	1,251	1,024	0,719
	SN	221,8	4,96	0,884	1,100	0,973	0,513
	TN	223,8	6,34	0,792	1,419	1,124	0,866
BUS 2	RN	222,4	4,19	0,991	0,932	0,924	0,122
	SN	221,6	24,0	0,984	5,320	5,320	0,000

<b>Identitas Bus</b>	<b>Fasa</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Faktor Daya</b>	<b>Daya Semu S (KVA)</b>	<b>Daya Aktif P (KW)</b>	<b>Daya Reaktif Q (KVAR)</b>
	TN	223,8	26,8	0,985	5,990	5,900	1,034
BUS 3	RN	219,4	22,1	0,972	4,860	4,720	1,158
	SN	221,1	15,84	0,978	3,503	3,427	0,726
	TN	223,8	10,84	0,964	2,427	2,351	0,603
BUS 4	RN	220,2	41,0	0,986	9,090	8,910	1,800
	SN	220,7	47,9	0,985	10,570	10,400	1,888
	TN	223,7	33,8	0,981	7,540	7,390	1,496
BUS 5	RN	220,1	3,04	0,759	0,669	0,508	0,435
	SN	220,4	2,31	0,634	0,509	0,323	0,393
	TN	223,1	3,16	0,725	0,704	0,511	0,484
BUS 6	RN	221,3	16,83	0,995	3,724	3,705	0,376
	SN	220,8	34,8	0,964	7,640	7,410	1,861
	TN	223,4	29,9	0,977	6,640	6,530	1,204
BUS 7	RN	221,4	5,22	0,816	1,155	0,943	0,667
	SN	221	3,46	0,833	0,765	0,637	0,424
	TN	224,2	7,69	0,917	1,724	1,580	0,690
BUS 8	RN	219,8	43,5	0,989	10,010	9,900	1,480
	SN	219,7	28,3	0,989	6,210	6,130	0,994
	TN	223,5	20,4	0,981	4,560	4,480	0,850
BUS 9	RN	225,8	4,35	0,692	0,986	0,683	0,711
	SN	224,6	6,28	0,908	1,411	1,281	0,592
	TN	227,8	5,14	0,737	1,171	0,863	0,791
BUS 10	RN	219,7	12,66	0,995	3,401	3,383	0,349
	SN	219,2	37,8	0,989	8,280	8,110	1,669
	TN	222,5	13,6	0,982	3,025	2,970	0,574

**Tabel 4. 2** Data pengukuran nilai faktor daya

No	Identitas Bus	Fasa	Nilai Cos Phi
1	BUS 1	RN	0.814
		SN	0.884
		TN	0.792
2	BUS 5	RN	0.759
		SN	0.634
		TN	0.725
4	BUS 9	RN	0.692
		SN	0,908
		TN	0.737

Hasil pengukuran ditemukan adanya penurunan nilai faktor daya kurang dari standar nilai PLN 0,85, dari data tersebut kemudian penulis akan memperbaiki nilai faktor daya menggunakan perhitungan manual kemudian dibandingkan dengan perhitungan simulasi Etap 19.0.1. Dari perbandingan inilah akan diketahui berapa kebutuhan KVAR dan kebutuhan kapasitor bank melakukan evaluasi dan usulan perbaikan faktor daya pada gedung RSIGM Sultan Agung Semarang.

#### 4.2 Perhitungan Perbaikan Daya untuk Cos Phi = 0,85 dan 1

Dengan menentukan cos phi = 0,85 untuk perbaikan pada BUS 1, BUS 5, BUS 9 dan Cos phi = 1 untuk semua BUS, maka perhitungan untuk perbaikan dimulai pada perhitungan nilai daya aktif (KW), daya semu (KVA), daya reaktif (KVAR) sebelum perbaikan, menghitung nilai daya semu untuk perbaikan dengan nilai faktor daya yang ditargetkan kemudian menghitung nilai daya reaktif (KVAR) untuk perbaikan dan menghitung kebutuhan kapastor bank. Perhitungan akan dibahas pada poin 4.2.1 hingga 4.2.6.

#### 4.2.1 Perhitungan Nilai Daya Aktif (KW)

Perhitungan nilai daya aktif 1 fasa ke 3 fasa dicontohkan pada BUS 1 pada Fasa R, S dan T, sesuai dengan persamaan (2.5).

##### a. Fasa R

Diketahui:

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

$$V_R = 221,5$$

$$I_R = 5,65$$

$$\cos \varphi = 0,814$$

Maka, perhitungan untuk fasa R:

$$P_R = 221,5 \times 5,65 \times 0,814$$

$$P_R = 1,024 \text{ KW}$$

##### b. Fasa S

Diketahui:

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

$$V_S = 221,8$$

$$I_S = 4,96$$

Maka, perhitungan untuk fasa S:

$$P_S = 221,8 \times 4,96 \times 0,884$$

$$P_S = 0,973 \text{ KW}$$

##### c. Fasa T

Diketahui:

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

$$V_T = 223,8$$

$$I_T = 6,34$$

$$\cos \varphi = 0,792$$

Maka, perhitungan untuk fasa T:

$$P_T = 223,8 \times 6,34 \times 0,792$$

$$P_T = 1,124 \text{ KW}$$

##### d. Total fasa R, S, T

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

$$P_{TT} = 1.024 + 0,973 + 1,124$$

$$P_{TT} = 3,121 \text{ KW}$$

Hasil hitung total tiga fasa R,S ,T dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4. 3** Hasil perhitungan daya aktif 1 fasa ke 3 fasa

Identitas Bus	Fasa	Daya Aktif (KW)
BUS 1	R,S,T	3,121
BUS 2	R,S,T	12,14
BUS 3	R,S,T	10,49
BUS 4	R,S,T	26,70
BUS 5	R,S,T	1,342
BUS 6	R,S,T	17,64
BUS 7	R,S,T	3,160
BUS 8	R,S,T	20,51
BUS 9	R,S,T	2,827
BUS 10	R,S,T	14,46

#### 4.2.2 Perhitungan Daya Semu (KVA)

Menghitung nilai daya semu 1 fasa ke 3 fasa dicontohkan pada SDP Penerangan Lantai 1 pada Fasa R, S dan T, sesuai persamaan (2.9).

a. Fasa R

Diketahui:

$$S_R = V_R \times I_R$$

$$V_R = 221,5$$

$$I_R = 5,65$$

Maka, perhitungan untuk fasa R:

$$S_R = 221,5 \times 5,65$$

$$S_R = 1,251 \text{ KVA}$$

b. Fasa S

Diketahui:

$$S_S = V_S \times I_S$$

$$V_S = 221,8$$

$$I_S = 4,96$$

Maka, perhitungan untuk fasa S:

$$S_S = 221,8 \times 4,96$$

$$S_S = 1,100 \text{ KVA}$$

c. Fasa T

Diketahui:

$$S_T = V_T \times I_T$$

$$V_T = 223,8$$

$$I_T = 6,34$$

Maka, perhitungan fasa T:

$$S_T = 223,8 \times 6,34$$

$$S_T = 1,419 \text{ KVA}$$

d. Total hitung 3 fasa R, S, T:

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

$$S_{TT} = 1,251 + 1,100 + 1,419$$

$$S_{TT} = 3,770 \text{ KVA}$$

Hasil hitung tiga fasa R, S, T dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4. 4** Hasil perhitungan daya semu 1 fasa ke 3 fasa

Identitas Bus	Fasa	Daya Semu (KVA)
BUS 1	R,S,T	3,770
BUS 2	R,S,T	12,24
BUS 3	R,S,T	10,79
BUS 4	R,S,T	27,20
BUS 5	R,S,T	1,882
BUS 6	R,S,T	18,00
BUS 7	R,S,T	3,644
BUS 8	R,S,T	20,78
BUS 9	R,S,T	3,568
BUS 10	R,S,T	14,70

### 4.2.3 Perhitungan Daya Reaktif (KVAR)

Menghitung nilai daya reaktif 1 fasa ke 3 fasa dicontohkan pada BUS 1 pada Fasa R, S dan T sebelum perbaikan, sesuai persamaan (2.7).

a. Fasa R

Diketahui :

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

$$S = 1,251 \text{ KVA}$$

$$P = 1,024 \text{ KW}$$

Maka, perhitungan untuk fasa R:

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

$$Q_R = \sqrt{1,251^2 - 1,024^2}$$

$$Q_R = \sqrt{1,565\ 000 - 1,048\ 576}$$

$$Q_R = \sqrt{0,516\ 424}$$

$$Q_{TT} = 0,719 \text{ VAR}$$

b. Fasa S

Diketahui :

$$S = 1,100 \text{ KVA}$$

$$P = 0,973 \text{ KW}$$

Maka, perhitungan untuk fasa S:

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

$$Q_S = \sqrt{1,100^2 - 0,973^2}$$

$$Q_S = \sqrt{1,21 - 0,946\ 729}$$

$$Q_S = \sqrt{0,263\ 271}$$

$$Q_S = 0,513 \text{ VAR}$$

c. Fasa T

Diketahui:

$$S = 1,419 \text{ KVA}$$

$$P = 1,124 \text{ KW}$$

Maka, perhitungan untuk fasa T:

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

$$Q_T = \sqrt{1,419^2 - 1,124^2}$$

$$Q_T = \sqrt{2,013\ 561 - 1,263\ 376}$$

$$Q_T = \sqrt{0,750\ 185}$$

$$Q_T = 0,866\ \text{VAR}$$

d. hasil hitung 3 Fasa R,S,T

$$Q_{TT} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{TT} = 0,719 + 0,513 + 0,866$$

$$Q_{TT} = 2,098\ \text{KVAR}$$

Hasil hitung daya reaktif dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4. 5** Hasil perhitungan daya reaktif sebelum perbaikan

Identitas Bus	Fasa	Daya Reaktif (KVAR)
BUS 1	R,S,T	2,098
BUS 2	R,S,T	1,156
BUS 3	R,S,T	2,486
BUS 4	R,S,T	5,185
BUS 5	R,S,T	1,313
BUS 6	R,S,T	3,440
BUS 7	R,S,T	1,780
BUS 8	R,S,T	3,324
BUS 9	R,S,T	2,094
BUS 10	R,S,T	2,593

#### 4.2.4 Perhitungan Daya Semu (KVA) Untuk Perbaikan Cos Phi Target 0,85 dan 1

Menghitung nilai daya semu (KVA) target yang harus dicapai yaitu dengan cara membagi daya aktif (KW) dengan nilai cos phi target = 0.85 pada BUS 1, BUS 5, dan BUS 9, kemudian dengan cos phi target = 1 pada semua BUS, perhitungan dicontohkan pada BUS 1.

$$S = \text{Daya Aktif} : \text{Cos Phi}$$

dengan :

$S = \text{daya aktif}$

$\text{Cos Phi} = \text{faktor daya}$

a. BUS 1

Diketahui:

$P = 3,121 \text{ KW}$

$\text{cos phi target} = 0,85$

Maka, perhitungan untuk  $\text{cos phi} = 0,85$ :

$S = 3,121 : 0,85$

$S = 3,672 \text{ KVA}$

b. BUS 1

Diketahui:

$P=3,121 \text{ KW}$

$\text{cos phi target} = 1$

$S=\text{Daya Aktif}:\text{Cos Phi}$

Maka, perhitungan untuk  $\text{cos phi} = 1$ :

$S=3,121 : 1$

$S= 3,121 \text{ KVA}$

Hasil Perhitungan Daya Semu pada BUS 1 dengan target  $\text{cos phi} = 0,85$  adalah 3,672 KVA dan target  $\text{cos phi} = 1$  adalah 3,121 KVA, untuk semua BUS dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4. 6** Hasil perhitungan daya semu target

<b>Identitas Bus</b>	<b>Daya Semu Sebelum perbaikan (KVA)</b>	<b>Dengan Cos Phi Target = 0,85</b>	<b>Dengan Cos Phi Target = 1</b>
BUS 1	3,121	3,672	3,121
BUS 2	12,144		12,144
BUS 3	10,498		10,498
BUS 4	26,700		26,700

Identitas Bus	Daya Semu Sebelum perbaikan (KVA)	Dengan Cos Phi Target = 0,85	Dengan Cos Phi Target = 1
BUS 5	1,342	1,579	1,342
BUS 6	17,645		17,645
BUS7	3,160		3,160
BUS 8	20,510		20,510
BUS 9	2,827	3,326	2,827
BUS 10	14,463		14,463

#### 4.2.5 Perhitungan Daya Reaktif (KVAR) Setelah Perbaikan Dengan Cos Phi Target = 0,85 dan 1

Mengitung nilai daya reaktif dengan nilai cos phi yang ingin di capai yaitu sebesar 0,85 pada BUS 1, BUS 5, BUS 9, kemudian untuk cos phi target = 1 pada semu BUS, perhitungan dicontohkan pada BUS 1, sesuai dengan persamaan (2.7).

a. BUS 1

Diketahui:

$$S = 3,672 \text{ KVA}$$

$$P = 3,121 \text{ KW}$$

Maka, Perhitungan untuk cos phi= 0,85:

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

$$Q_2 = \sqrt{3,672^2 - 3,121^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{13,483 \ 584 - 9,740 \ 641}$$

$$Q_2 = \sqrt{3,742 \ 943}$$

$$Q_2 = 1,934 \ 668 \text{ VAR}$$

b. BUS 1

Diketahui:

$$S = 3,121 \text{ KVA}$$

$$P = 3,121 \text{ KW}$$

Maka, perhitungan untuk  $\cos \phi = 1$ :

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

$$Q_2 = \sqrt{3,121^2 - 3,121^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{9,740\ 641 - 9,740\ 641}$$

$$Q_2 = \sqrt{0}$$

$$Q_2 = 0 \text{ VAR}$$

Hasil perhitungan daya reaktif setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.7

**Tabel 4. 7** Hasil perhitungan daya reaktif dengan  $\cos \phi$  target setelah perbaikan

Daya Reaktif ( KVAR)			
Identitas Bus	Sebelum perbaikan	Dengan $\cos \phi$ Target = 0,85	Dengan $\cos \phi$ Target = 1
BUS 1	2,098	1,934	0
BUS 2	1,156		0
BUS 3	2,486		0
BUS 4	5,185		0
BUS 5	1,313	0,832	0
BUS 6	3,440		0
BUS7	1,780		0
BUS 8	3,324		0
BUS 9	2,094	1,752	0
BUS 10	2,593		0

Berdasarkan data Tabel 4.8 dapat dilihat Pada hasil perhitungan daya reaktif dengan target  $\cos \phi = 0,85$  BUS 1 nilai daya reaktif sebelum diperbaiki adalah 2,098 KVAR kemudian setelah diperbaiki turun menjadi 1,934 KVAR, pada BUS 5 nilai daya reaktif sebelum diperbaiki adalah 1,131 KVAR setelah diperbaiki turun menjadi 0,832 KVAR, BUS 9 nilai daya reaktif sebelum diperbaaiki adalah 2,094 KVAR setelah diperbaiki turun menjadi 1,752 KVAR dan hasil perhitungan nilai daya reaktif dengan target  $\cos \phi = 1$  pada semua BUS hasilnya adalah 0.

#### 4.2.6 Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan

menghitung kebutuhan kapasitor bank jika nilai  $\cos \phi$  dinaikkan menjadi 0,85 untuk BUS 1, BUS 7, BUS 9 dan  $\cos \phi = 0,85$  untuk semua BUS, perhitungan dicontohkan pada BUS 1, sesuai dengan persamaan (2.11).

a. BUS 1

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

Untuk  $\cos \phi = 0,85$  :

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 2,098 - 1,934$$

$$Q_C = 0,164 \text{ KVAR}$$

b. BUS 1

Untuk  $\cos \phi = 1$

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 2,098 - 0$$

$$Q_C = 2,098 \text{ KVAR}$$

Hasil perhitungan kapasitor bank dengan  $\cos \phi$  target = 0,85 dan 1 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4. 8** Hasil perhitungan kebutuhan kapasitor bank

Identitas Bus	KVAR		Kebutuhan Kapasitor Bank		
	Sebelum diperbaiki	Sesudah diperbaiki		( $Q_c = Q_1 - Q_2$ )	
	( Q1)	Cos phi = 0,85 (Q2)	Cos phi = 1 (Q2)	Cos phi = 0,85	Cos phi = 1
BUS1	2,098	1,934	0	0,164	2,098
BUS 2	1,156		0		1,156
BUS 3	2,486		0		2,486
BUS 4	5,185		0		5,185
BUS 5	1,313	0,832	0	0,481	1,313

Identitas Bus	KVAR		Kebutuhan Kapasitor Bank		
	Sebelum diperbaiki	Sesudah diperbaiki		( $Q_c = Q_1 - Q_2$ )	
	( Q1)	Cos phi = 0,85 (Q2)	Cos phi = 1 (Q2)	Cos phi = 0,85	Cos phi = 1
BUS 6	3,440		0		3,440
BUS 7	1,780		0		1,780
BUS 8	3,324		0		3,324
BUS 9	2,094	1,752	0	0,342	2,094
BUS 10	2,593		0		2,593

Hasil perhitungan kebutuhan kapasitor bank pada data Tabel 4.8 menyatakan bahwa kebutuhan kapasitor bank dengan target  $\cos \phi = 1$  pada BUS 1 = 0,164 KVAR, BUS 5 = 0,481 KVAR, BUS 9 = 0,342 KVAR, dan kebutuhan kapasitor bank dengan target  $\cos \phi = 1$  pada BUS 1 = 2,098 KVAR, BUS 2 = 1,156 KVAR, BUS 3 = 2,486 KVAR, BUS 4 = 5,185 KVAR, BUS 5 = 1,313 KVAR, BUS 6 = 3,440 KVAR, BUS 7 = 1,780 KVAR, BUS 8 = 3,324 KVAR, BUS 9 = 2,094 KVAR, BUS 10 = 2,593 KVAR.

### **4.3 Perbaikan Faktor Daya Dengan Simulasi ETAP 19.0.1**

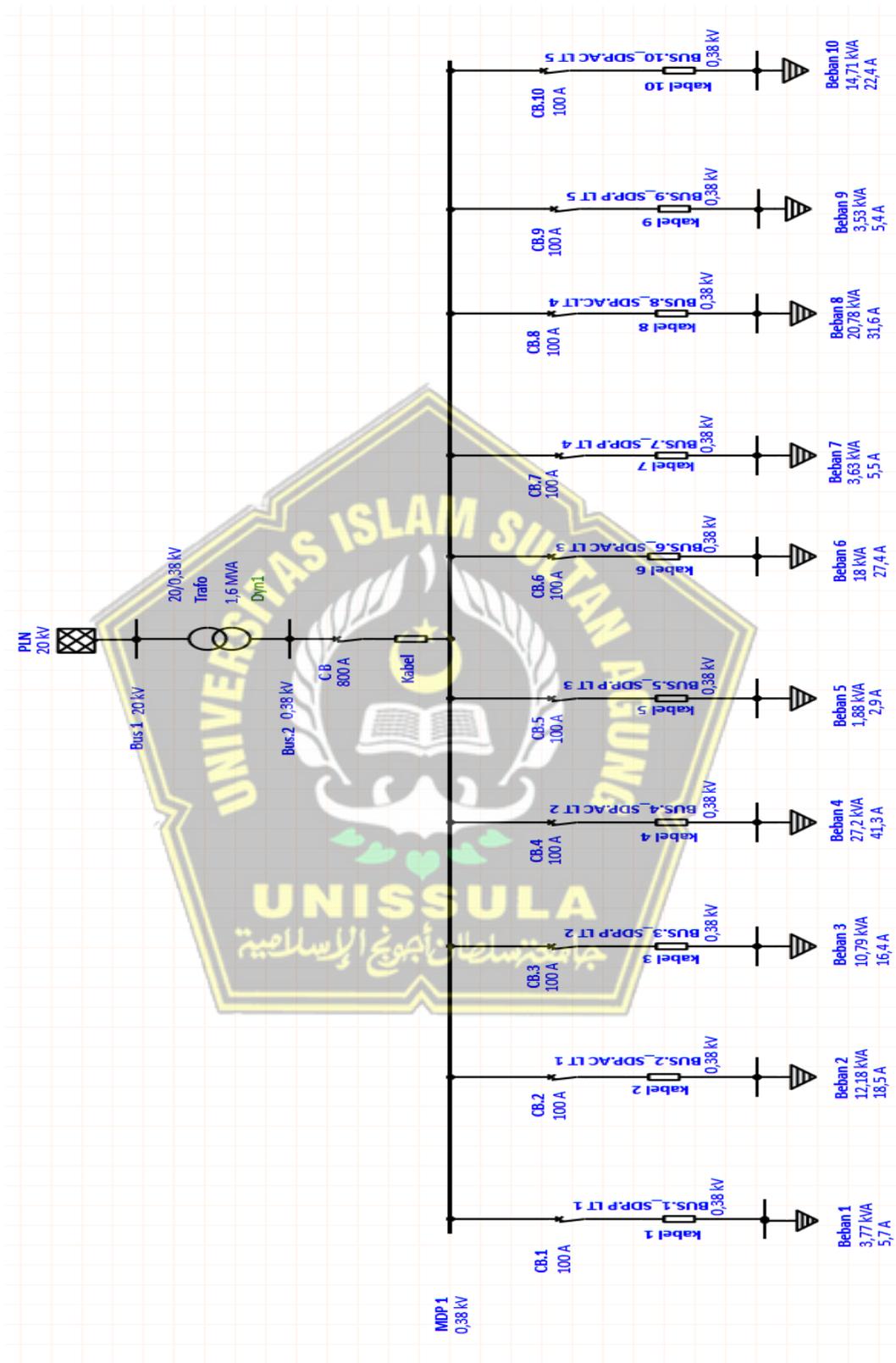
Faktor daya merupakan nilai perbandingan antara daya aktif (P) dan daya nyata (S). Faktor daya di dasarkan pada jumlah arus listrik keseluruhan dalam suatu rangkaian listrik dan perbandingannya dengan jumlah arus yang terpakai sehingga faktor daya berguna untuk mengetahui tingkat efisiensi energi pada suatu beban listrik melalui nilai daya yang tidak terpakai dan terbuang sia-sia selama beban kerja sehingga dapat menimbulkan kerugian.

Electrical Transient Analysis Program (ETAP) merupakan sebuah software yang digunakan untuk analisis dan simulasi tenaga listrik. software ini paling banyak digunakan di industri listrik. Pada penelitian tugas akhir ini akan menggunakan simulasi ETAP 19.0.1 sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor bank.

#### **4.3.1 Faktor Daya Sebelum Perbaikan Dengan Simulasi ETAP 19.0.1**

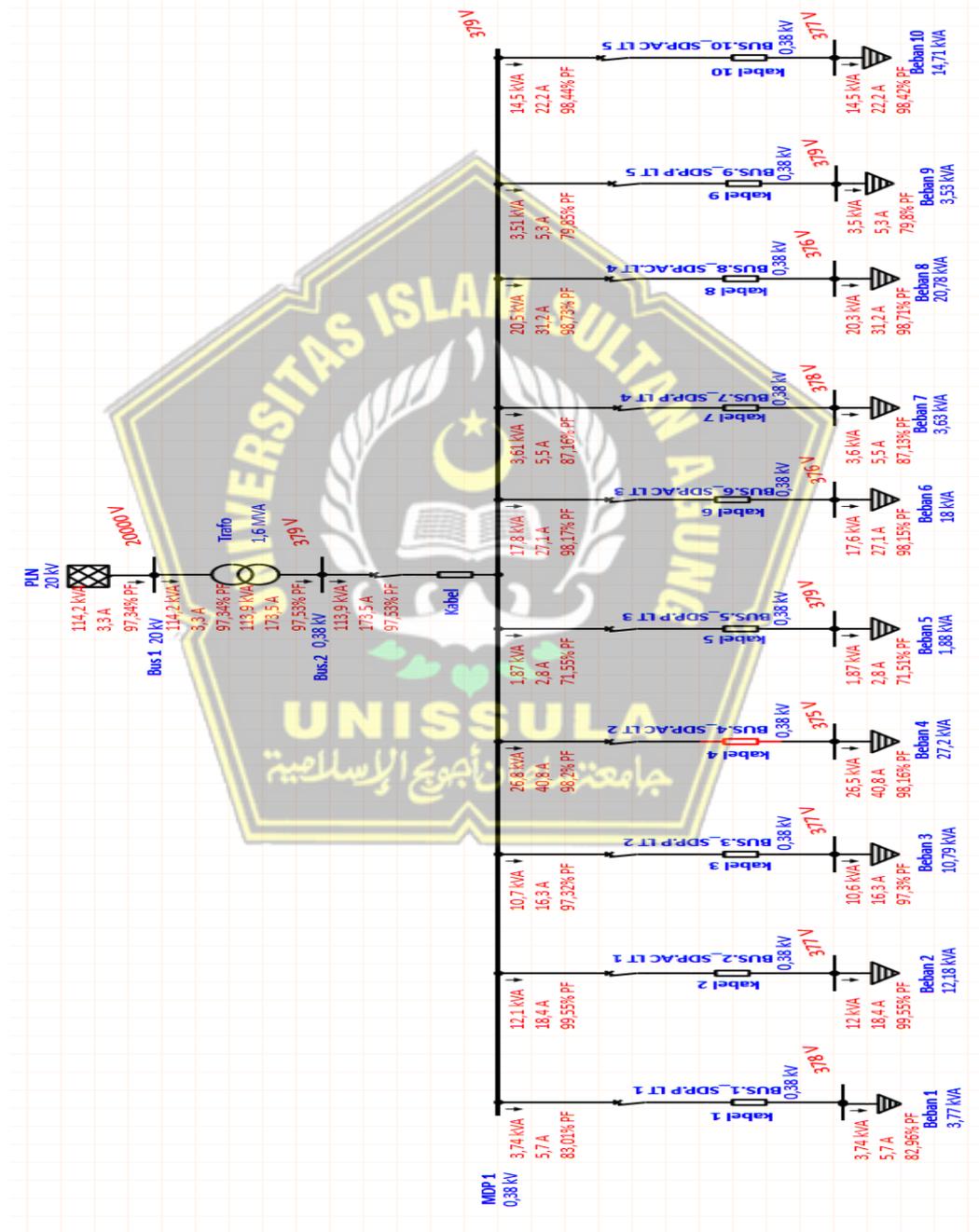
Data pengukuran pada gedung sebelum dilakukan perbaikan dapat dilihat adanya indikasi faktor daya yang turun. Hasil pengukuran pada BUS 1, 5, dan 9 dibawah 0,85 kemudian akan diperbaiki menjadi = 0,85 dan pada BUS 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 akan diperbaiki menjadi = 1.

Hasil dari perhitungan daya aktif, daya semu, daya reaktif dan kebutuhan kapasitor bank. Selanjutnya, melakukan simulasi menggunakan ETAP 19.0.1 untuk memudahkan dalam menganalisa yang terjadi saat faktor daya dibawah standart, tampilan SLD ETAP 19.0.1 dapat dilihat pada Gambar 4.1.

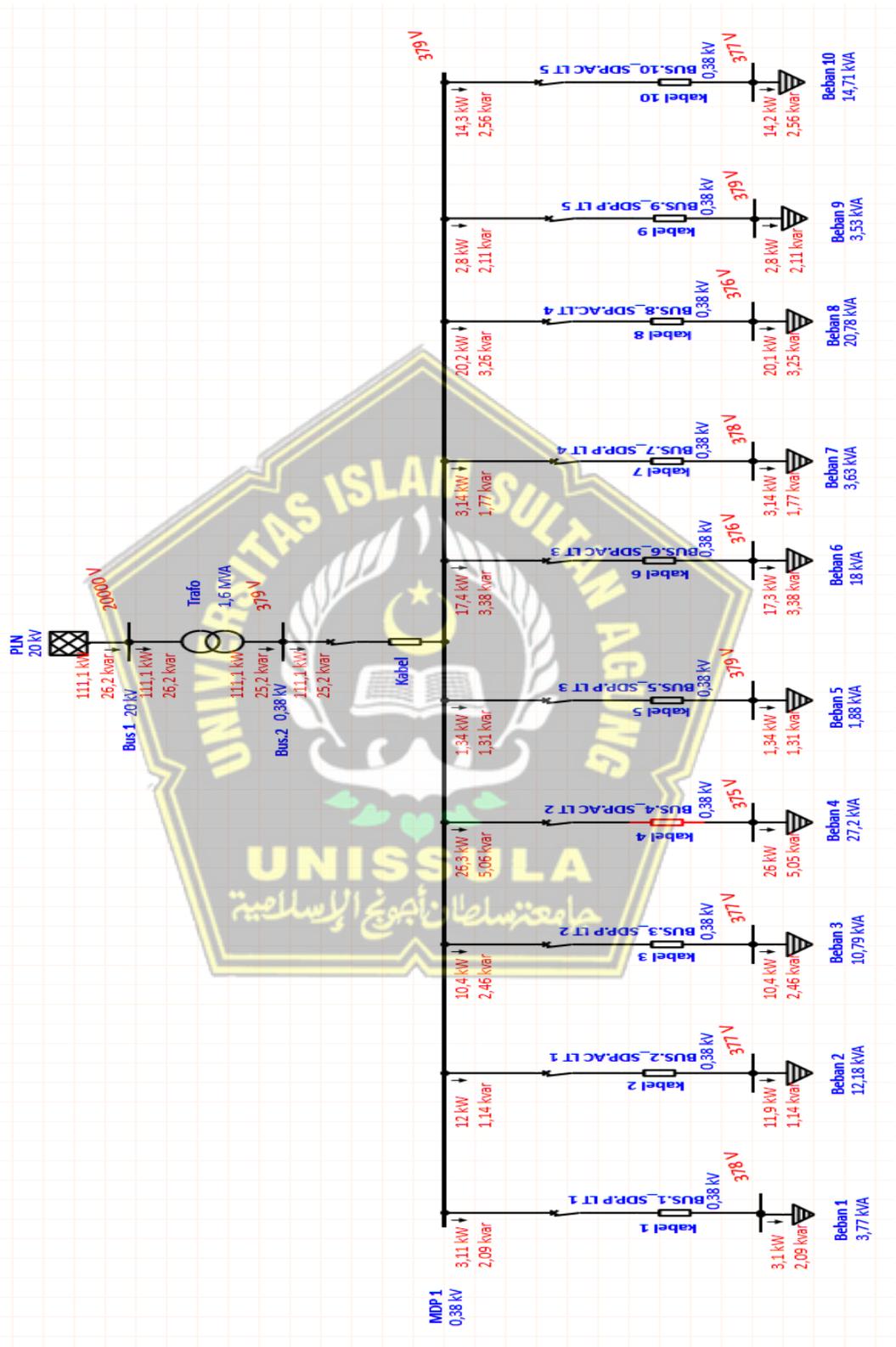


Gambar 4. 1 Tampilan SLD di ETAP 19.0.

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas, dapat dilihat bahwasanya pembagian yang dilakukan pada SLD gedung terdiri dari 10 pembebanan. Hal ini disesuaikan dengan jumlah panel yang terdapat pada gedung. Adapun hasil simulasi aliran daya pada Gedung Rumah Sakit Gigi dan Mulut Sultan Agung Semarang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Tampilan saat simulasi dijalankan dengan display KVA,Amper dan PF



Gambar 4. 3 tampilan saat simulasi dijalankan dengan keterangan KVAR dan KW

Pada Gambar 4.2 dan 4.3 terlihat bahwasanya tidak adanya indikasi *alert* pada SLD gedung. Kemudian nilai toleransi tegangan yang terdapat pada tiap BUS juga masih berada dalam standar PLN. Hal ini membuktikan kualitas yang terdapat pada sistem kelistrikan masih dalam standar yang telah ditetapkan.

Akan tetapi pada gambar diatas juga dapat dilihat bahwasanya kondisi persentasi dari faktor daya yang tidak memenuhi standar. Pada beban dengan kode BUS 1 dapat dilihat nilai persentasi faktor dayanya ialah 83.01% atau 0,830, hal yang serupa terjadi pada beban BUS 5 dengan faktor dayanya 71,51% atau 0,715, dan juga pada BUS 9 dengan nilai faktor daya 79,8% atau 0,798. Sehingga menyebabkan faktor daya yang menyuplai mengalami penurunan. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

**Tabel 4. 9** Hasil sebelum perbaikan faktor daya

BUS	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Semu (KVA)	Daya Aktif (KW)	Daya Reaktif (KVAR)	Faktor Daya (%)
BUS 1	5,7	378	3,74	3,1	2,09	83,01
BUS 2	18,4	377	12	11,9	1,14	99,55
BUS 3	16,3	377	10,6	10,4	2,46	97,32
BUS 4	40,8	375	26,5	26	5,05	98,2
BUS 5	2,8	379	1,87	1,34	1,31	71,55
BUS 6	27,1	376	17,6	17,3	3,38	98,17
BUS 7	5,5	378	3,6	3,14	1,77	87,16
BUS 8	31,2	376	20,3	20,1	3,25	98,73
BUS 9	5,3	379	3,5	2,8	2,08	80,44
BUS 10	22,2	377	14,5	14,2	2.56	98,44

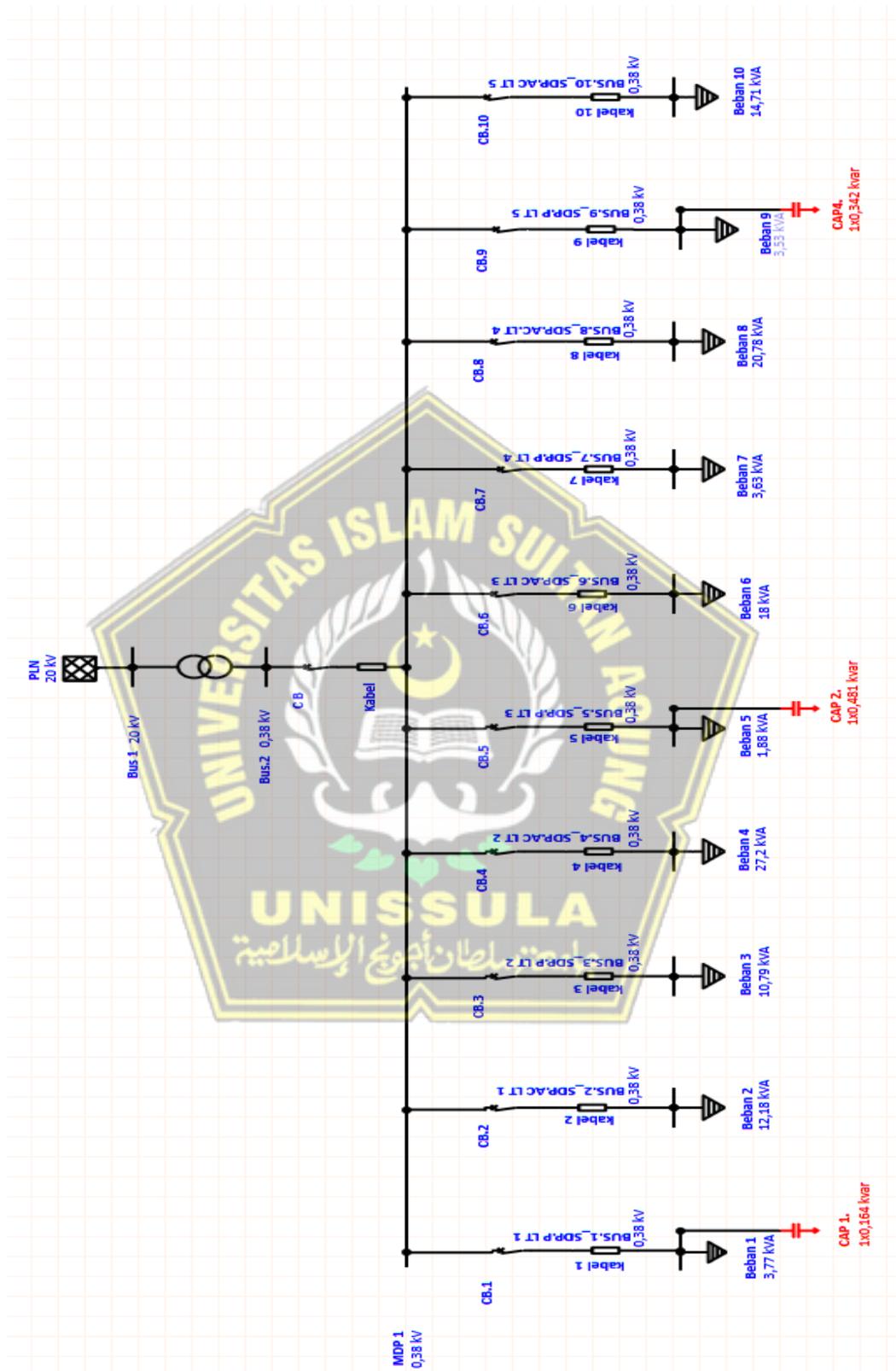
Data di atas di peroleh melalui hasil pengukuran yang di lakukan pada panel listrik SDP Gedung Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut Sultan Agung Semarang. Kemudian dari data yang telah di dapat akan dilakukan perhitungan dari 1 Fasa ke

3 Fasa mulai dari daya semu (S) dapat dilihat pada point 4.2.2, perhitungan daya aktif (P) pada point 4.2.1 dan juga pada daya reaktif (Q) yang dapat dilihat pada point 4.2.3.

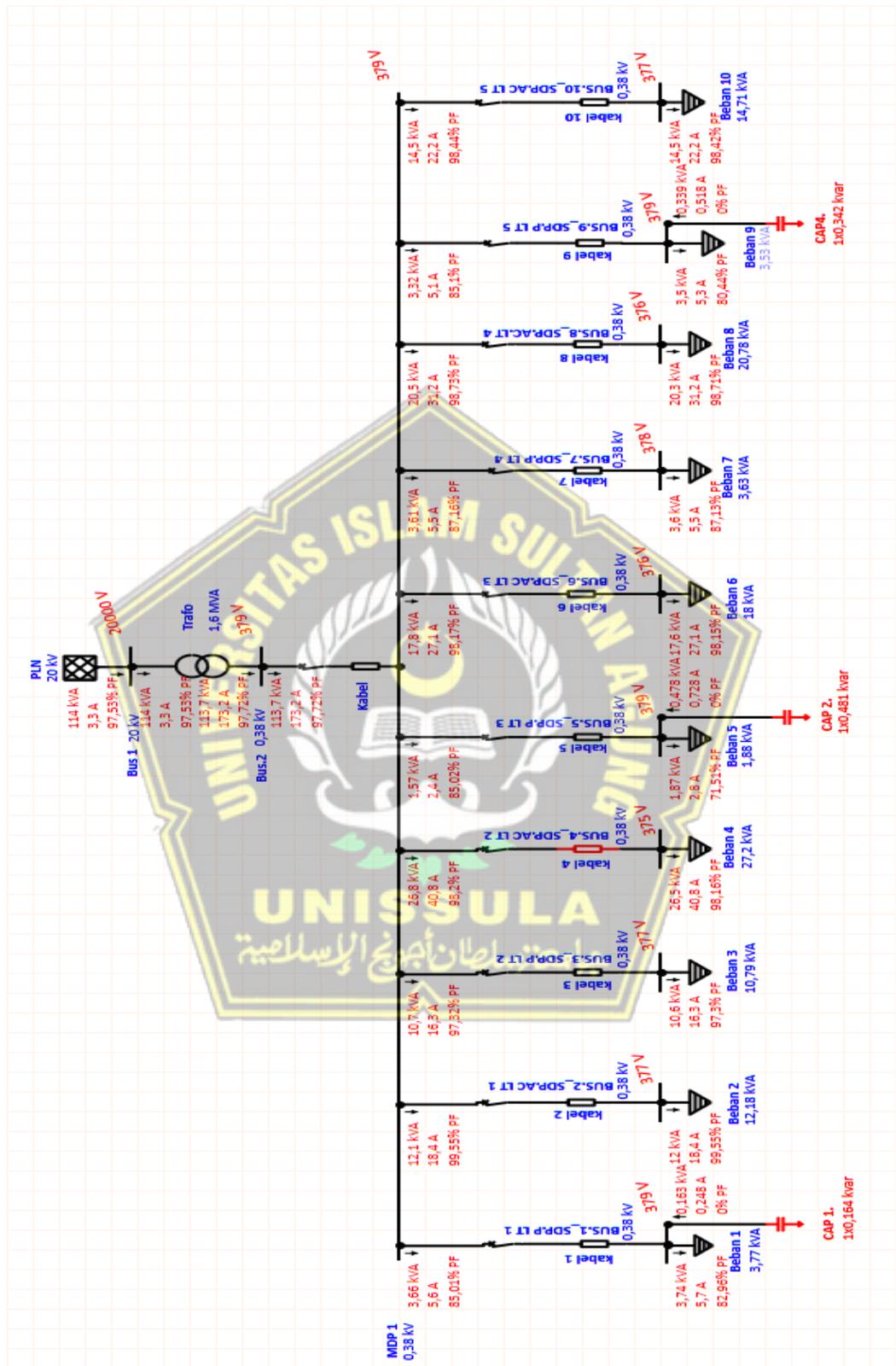
#### **4.3.2 Faktor Daya Sesudah Perbaikan Dengan Cos Phi = 0,85 dan Cos Phi = 1 Menggunakan Simulasi ETAP 19.0.1**

Perbaikan yang dilakukan ialah mengubah nilai faktor daya pada Gedung Rumah Sakit Islam Gigi dan Mulut Sultan Agung Semarang. Dari data analisa faktor daya yang sudah didapat, selanjutnya menentukan perbaikan faktor dengan menambahkan kompensator daya reaktif yaitu kapasitor bank agar besarnya faktor daya pada panel sesuai dengan standar batas minimum yang diterapkan pada sistem kelistrikan yaitu sebesar 0,85. Untuk mendapatkan nilai besaran kapasitor bank yang dibutuhkan maka dilakukan perhitungan. Berikut perhitungan manual nilai faktor daya, perhitungan dimulai dari mencari daya semu (KVA) dengan membagi nilai daya aktif (KW) dengan target  $\cos \phi = 0,85 / 85\%$  pada BUS 1, 5, 9 dan  $\cos \phi \text{ target} = 1 / 100\%$  pada semua BUS perhitungan dapat dilihat pada point 4.2.4. Kemudian menghitung daya reaktif ( $Q_2$ ) perhitungan ini dapat dilihat pada point 4.2.5. dan penentuan kapasitor bank dapat dilihat ada point 4.2.6.

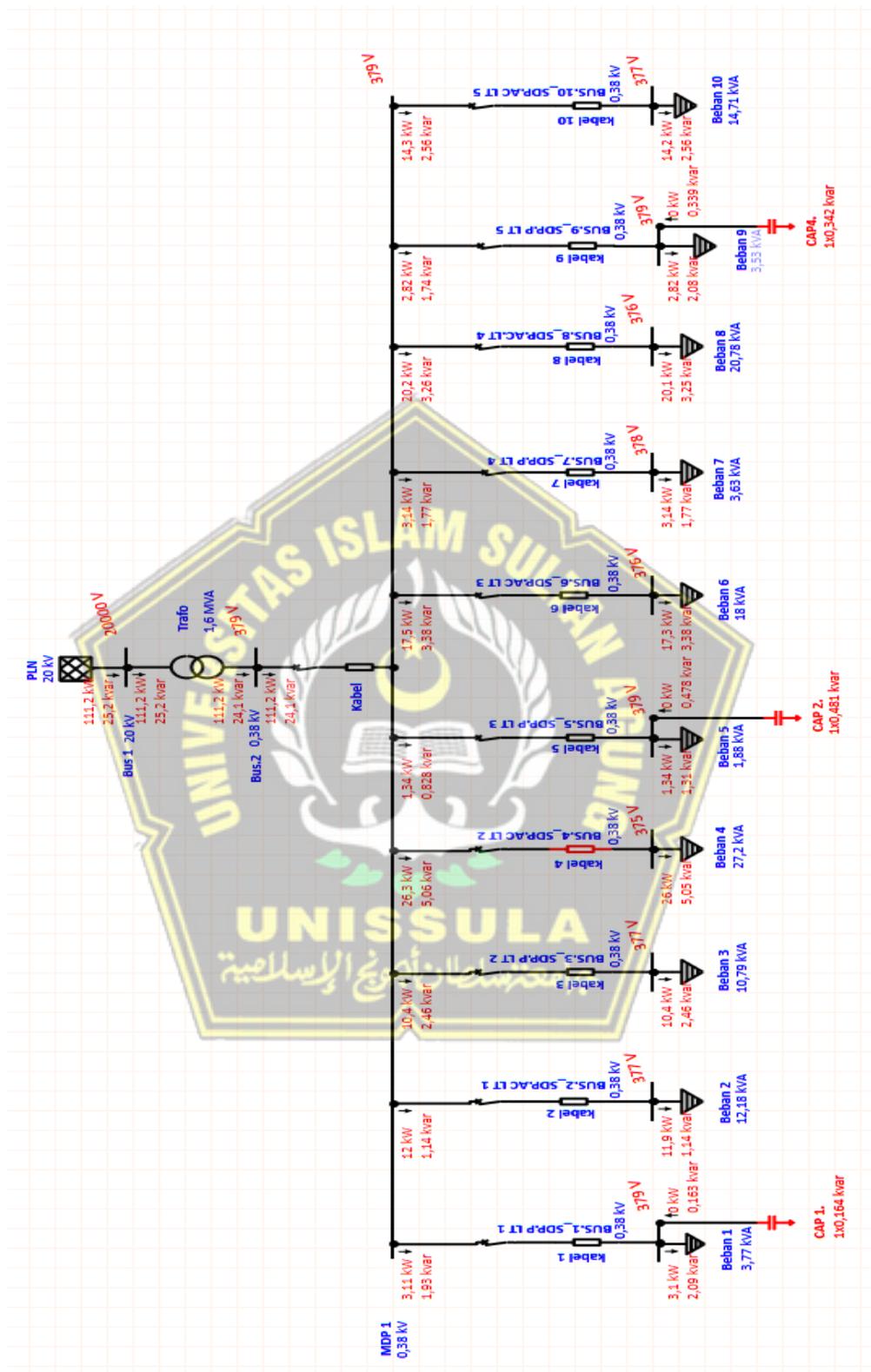
Setelah mengetahui nilai kapasitor bank yang dibutuhkan pada sistem kelistrikan gedung, maka dilakukan dengan menambahkan kapasitor bank untuk target  $\cos \phi = 0,85$  pada BUS 1, BUS 5, dan BUS 9 penentuan kapasitor Bank dapat dilihat pada Gambar 4.4. Gambar 4.5. dan Gambar 4.6. dan untuk target  $\cos \phi = 1$  pada semua BUS. Adapun hasil penentuan kapasitor Bank pada keseluruhan panel dapat dilihat pada Gambar 4.7 Gambar 4.6 dan Gambar 4.9 dibawah ini.



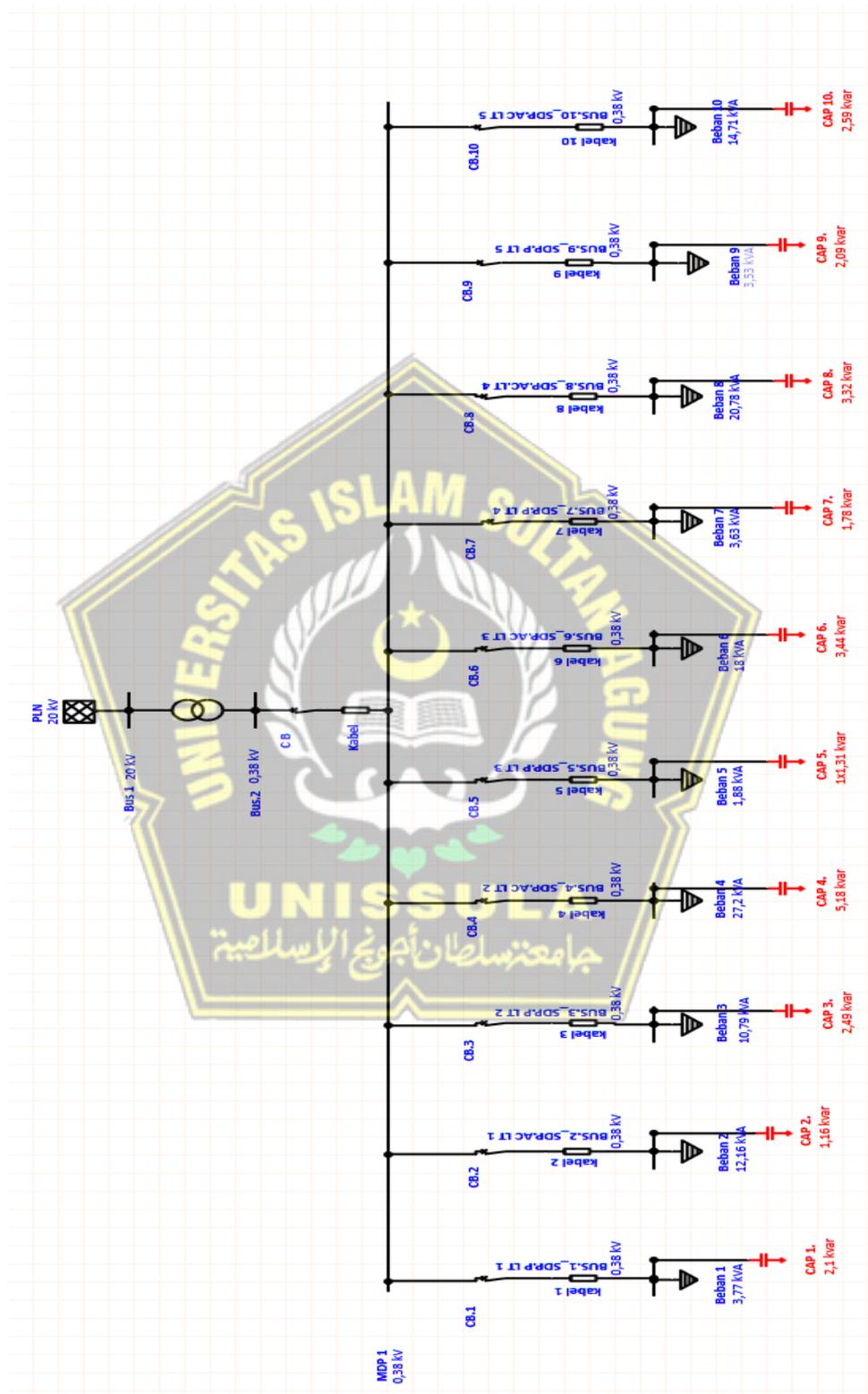
**Gambar 4. 4** Tampilan SLD simulasi ETAP 19.0.1 setelah penambahan kapasitor bank untuk target  $\cos \phi = 0,85$



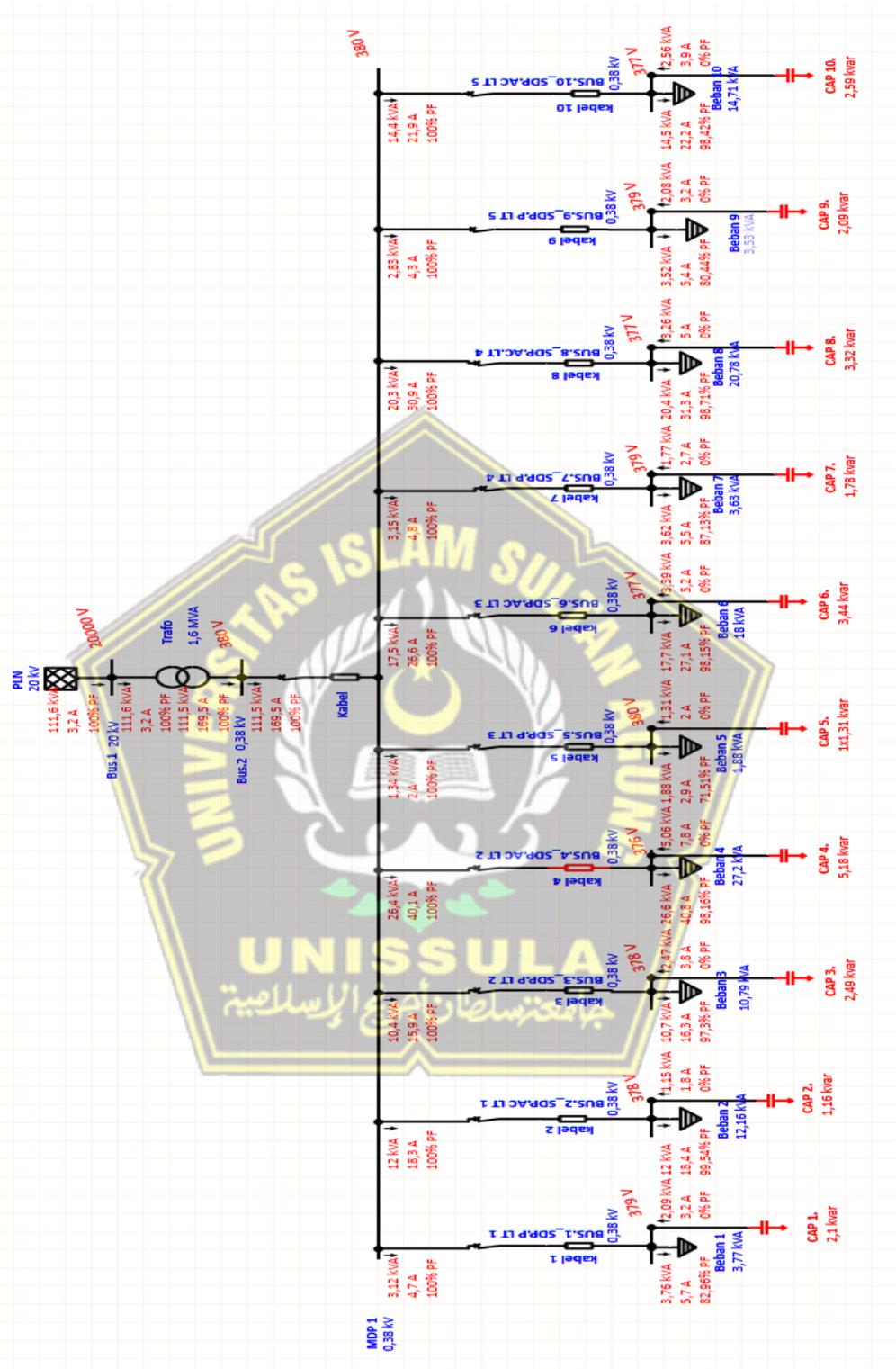
Gambar 4. 5 Tampilan SLD dengan simulasi ETAP 19.0.1 dengan penambahan kapasitor bank untuk target  $\cos \phi = 0,85$  setelah dijalankan dengan keterangan nilai KVA, Ampere, dan PF



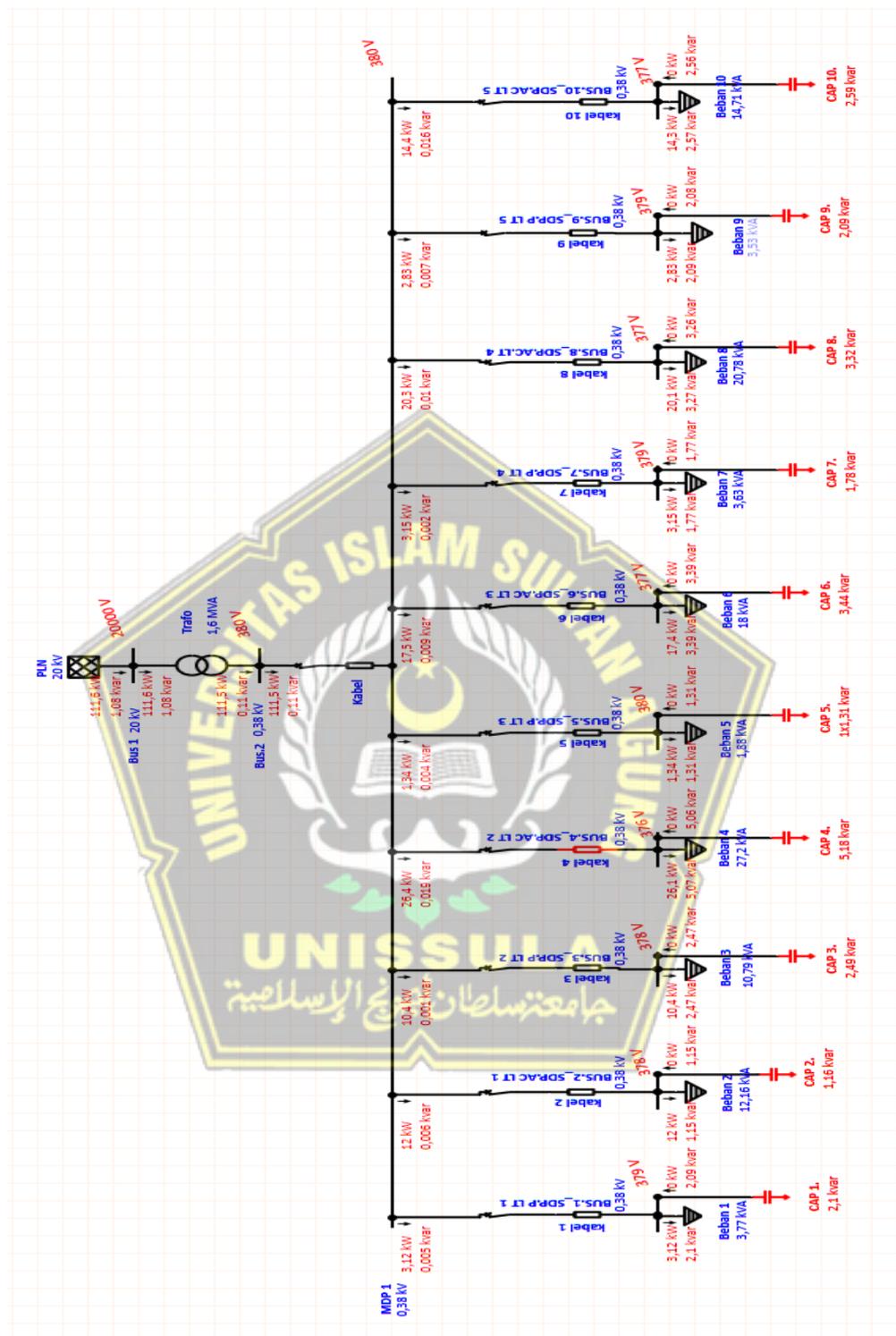
**Gambar 4. 6** Tampilan SLD dengan simulasi ETAP 19.0.1 dengan penambahan kapasitor bank untuk target  $\cos \phi = 0,85$  setelah dijalankan dengan keterangan nilai KW dan KVAR



**Gambar 4. 7** Tampilan SLD simulasi ETAP 19.0.1 setelah penambahan kapasitor banktuntuk target  $\cos \phi = 1$



Gambar 4. 8 Tampilan SLD dengan simulasi ETAP 19.0.1 dengan penambahan kapasitor bank untuk target cos phi = 1 setelah dijalankan dengan keterangan nilai KVA, Ampere, dan PF



**Gambar 4. 9** Tampilan SLD dengan simulasi ETAP 19.0.1 dengan penambahan kapasitor bank untuk target  $\cos \phi = 1$  setelah dijalankan dengan keterangan nilai KW dan KVAR

Hasil simulasi perbaikan  $\cos \phi = 0,85$  menggunakan ETAP 19.0.1 pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, Gambar 4.6, dan perbaikan  $\cos \phi = 1$  pada Gambar 4.7, Gambar 4.8, dan Gambar 4.9 setelah simulasi dijalankan hasil perbaikan akan terlihat dan adapun hasil yang didapatkan setelah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

**Tabel 4. 10** Hasil setelah di perbaiki dengan kapasitor bank dengan target  $\cos \phi = 0,85 / 85\%$

BUS	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Semu (KVA)	Daya Aktif (KW)	Daya Reaktif (KVAR)	Faktor Daya (%)
BUS 1	5,6	379	3,66	3,11	1,93	85,01
BUS 2	18,4	377	12,1	12	1,14	99,55
BUS 3	16,3	377	10,7	10,4	2,46	97,32
BUS 4	40,8	375	26,8	26,3	5,06	98,2
BUS 5	2,4	379	1,57	1,34	0,828	85,02
BUS 6	27,1	376	17,8	17,5	3,38	98,17
BUS 7	5,5	378	3,61	3,14	1,77	87,16
BUS 8	31,2	376	20,5	20,2	3,26	98,73
BUS 9	5.1	379	3,32	2,82	1,74	85,1
BUS 10	22,2	377	14,5	14,3	2.56	98,44

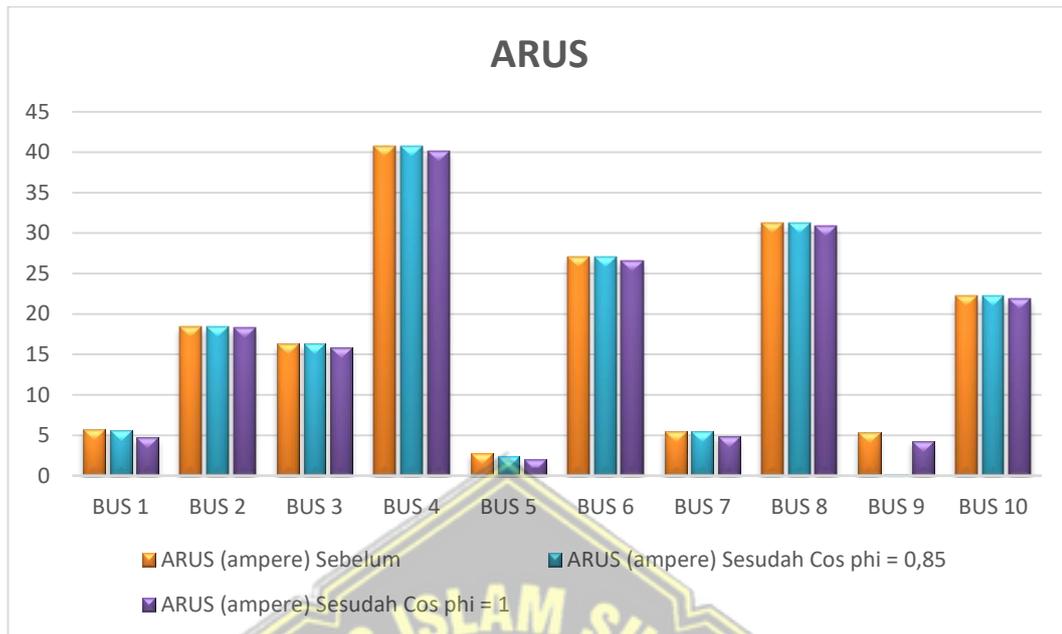
**Tabel 4. 11** Hasil setelah di perbaiki dengan kapasitor bank dengan target  $\cos \phi = 1 / 100\%$

BUS	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Semu (KVA)	Daya Aktif (KW)	Daya Reaktif (KVAR)	Faktor Daya (%)
BUS 1	4,7	379	3,12	3,12	0,005	100
BUS 2	18,3	378	12	12	0,006	100
BUS 3	15,9	378	10,4	10,4	0,001	100
BUS 4	40,1	376	26,4	26,4	0,019	100

BUS	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Semu (KVA)	Daya Aktif (KW)	Daya Reaktif (KVAR)	Faktor Daya (%)
BUS 5	2	380	1,34	1,34	0,004	100
BUS 6	26,6	377	17,5	17,5	0,009	100
BUS 7	4,8	379	3,15	3,15	0,002	100
BUS 8	30,9	377	20,3	20,3	0,010	100
BUS 9	4,3	379	2,83	2,83	0,007	100
BUS 10	21,9	377	14,4	14,4	0,016	100

**Tabel 4. 12** Perbandingan nilai Arus Sebelum dan sesudah diperbaiki

BUS	ARUS (ampere)		
	Sebelum	Sesudah	
		Cos phi = 0,85	Cos phi = 1
BUS 1	5,7	5,6	4,7
BUS 2	18,4	18,4	18,3
BUS 3	16,3	16,3	15,9
BUS 4	40,8	40,8	40,1
BUS 5	2,8	2,4	2
BUS 6	27,1	27,1	26,6
BUS 7	5,5	5,5	4,8
BUS 8	31,2	31,2	30,9
BUS 9	5,3	5,1	4,3
BUS 10	22,2	22,2	21,9



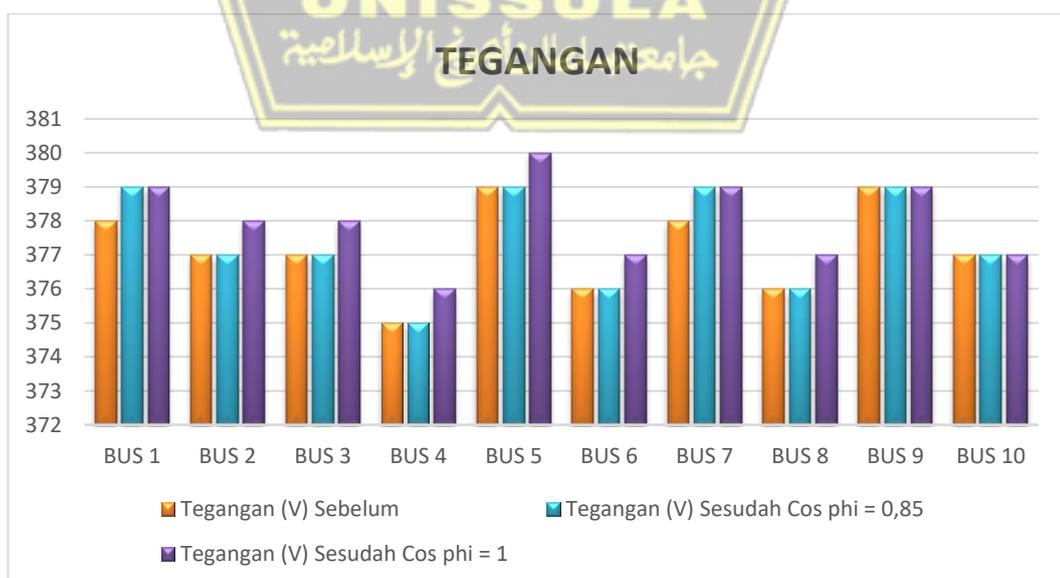
**Grafik 4. 1** Perbandingan nilai arus sebelum dan sesudah perbaikan

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Grafik 4.1 dapat dilihat bahwa perbandingan nilai arus dengan target  $\cos \phi = 0,85$  sebelum perbaikan pada BUS 1 ada penurunan yang awalnya 5,7 amper turun menjadi 5,6 Amper, BUS 5 sebelum diperbaiki nilainya 2,8 amper turun menjadi 2,4 ampere, pada BUS 9 sebelum diperbaiki adalah 5,3 amper setelah diperbaiki turun menjadi 5,1 amper, dan untuk target  $\cos \phi = 1$  pada BUS 1 sebelum diperbaiki adalah 5,7 amper setelah diperbaiki turun menjadi 4,7 amper, BUS 2 sebelum diperbaiki 18,4 amper setelah diperbaiki turun menjadi 18,3, BUS 3 sebelum diperbaiki 16,3 setelah diperbaiki turun menjadi 15,9, BUS 4 sebelum diperbaiki 40,8 amper, BUS 3 sebelum diperbaiki 16,3 setelah diperbaiki turun menjadi 15,9, BUS 5 sebelum diperbaiki 2,8 amper setelah diperbaiki turun menjadi 2 amper, BUS 6 sebelum diperbaiki 27,1 amper setelah diperbaiki turun menjadi 26,6 amper, BUS 7 sebelum diperbaiki 5,5 amper setelah diperbaiki turun menjadi 4,8 amper, BUS 8 sebelum diperbaiki 31,2 amper setelah diperbaiki turun menjadi 30,9 amper, BUS 9 sebelum diperbaiki 25,3 amper setelah diperbaiki turun menjadi 4.3 amper dan pada BUS 10 sebelum diperbaiki 22,2 amper setelah diperbaiki turun menjadi 21,9 amper. Penurunan tersebut akibat pemasangan kapasitor bank dikarenakan peningkatan faktor daya yang mengurangi

komponen arus reaktif. Perbaikan faktor daya ini mengurangi arus total yang diperlukan untuk daya yang sama, meningkatkan efisiensi dan mengurangi kerugian daya.

**Tabel 4. 13** Perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah perbaikan

BUS	Tegangan (V)		
	Sebelum	Sesudah	
		Cos phi = 0,85	Cos phi = 1
BUS 1	378	379	379
BUS 2	377	377	378
BUS 3	377	377	378
BUS 4	375	375	376
BUS 5	379	379	380
BUS 6	376	376	377
BUS 7	378	379	379
BUS 8	376	376	377
BUS 9	379	379	379
BUS 10	377	377	377

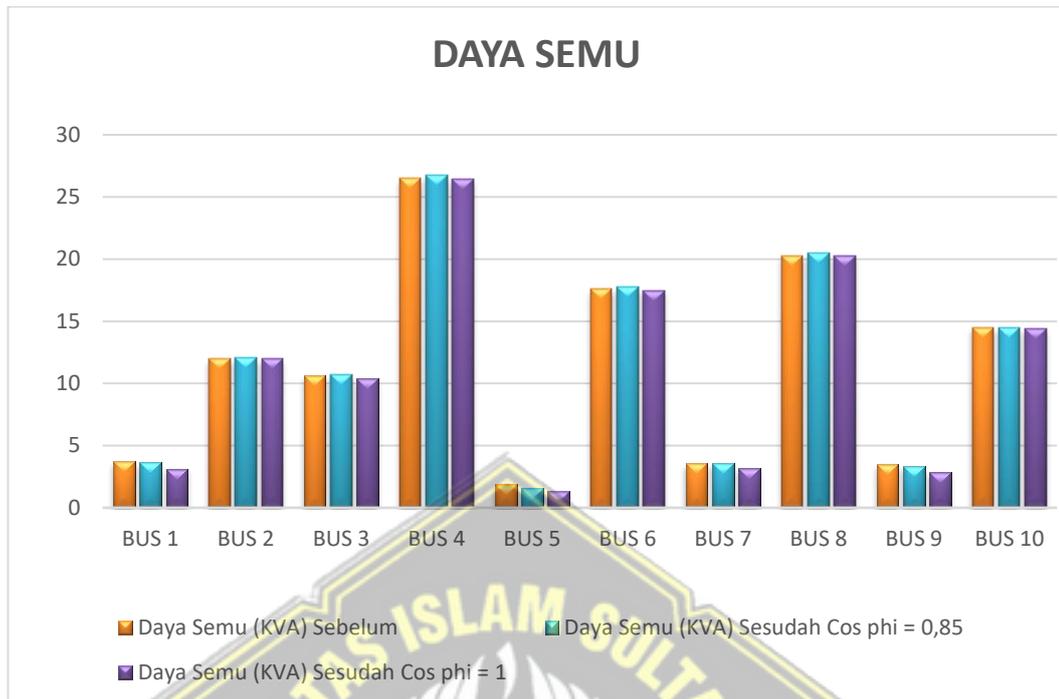


**Grafik 4. 2** Perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah perbaikan

Berdasarkan Tabel 4.12 dan Grafik 4.2 dapat dilihat bahwa perbandingan nilai tegangan setelah perbaikan dengan target  $\cos \phi = 0,85$  hanya pada BUS 1 yang mengalami kenaikan, sebelum diperbaiki adalah 378 V setelah diperbaiki naik menjadi 379 V, dan setelah perbaikan  $\cos \phi = 1$  yang tidak mengalami kenaikan hanya pada BUS 9 dan Bus 10 Nilai tegangan naik kemungkinan dikarenakan berada dijalur distribusi yang lebih terpengaruh oleh perubahan daya reaktif.

**Tabel 4. 14** Perbandingan nilai daya aktif, daya semu, daya reaktif sebelum dan sesudah perbaikan

BUS	Daya Semu (KVA)		
	Sebelum	Sesudah	
		Cos phi = 0,85	Cos phi = 1
BUS 1	3,74	3,66	3,12
BUS 2	12	12,1	12
BUS 3	10,6	10,7	10,4
BUS 4	26,5	26,8	26,4
BUS 5	1,87	1,57	1,34
BUS 6	17,6	17,8	17,5
BUS 7	3,6	3,61	3,15
BUS 8	20,3	20,5	20,3
BUS 9	3,5	3,32	2,83
BUS 10	14,5	14,5	14,4



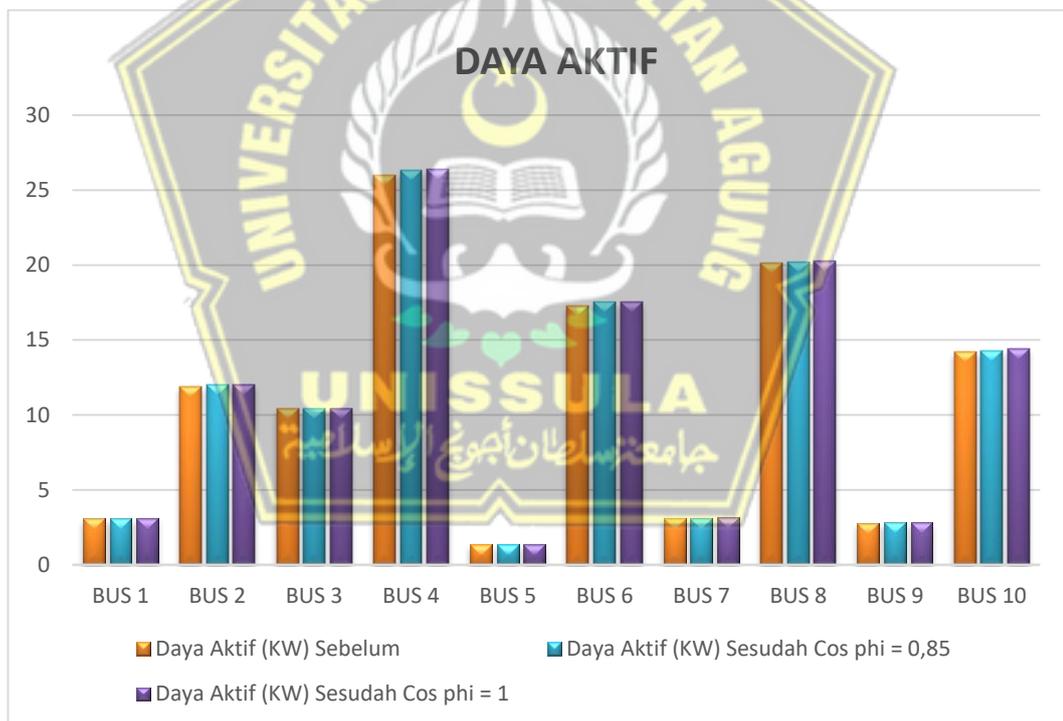
**Grafik 4.3** Perbandingan nilai daya semu sebelum dan sesudah

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Grafik 4.3 dapat dilihat bahwa perbandingan nilai daya semu (KVA) sebelum diperbaiki dan setelah diperbaiki dengan  $\cos \phi = 0,85$  dan 1 pada BUS 1, BUS 5, dan BUS 9 mengalami penurunan dari sebelum diperbaiki dan sesudah diperbaiki dengan  $\cos \phi = 0,85$  dan  $\cos \phi = 1$ . Nilai daya semu menurun setelah pemasangan kapasitor bank dikarenakan pengurangan komponen daya reaktif. Dengan daya reaktif yang lebih rendah, total daya semu berurung, sehingga meningkatkan efisiensi sistem listrik dan memperbaiki faktor daya.

**Tabel 4.15** Perbandingan nilai daya aktif sebelum dan sesudah perbaikan

BUS	Daya Aktif (KW)		
	Sebelum	Sesudah	
		Cos phi = 0,85	Cos phi = 1
BUS 1	3,1	3,11	3,12
BUS 2	11,9	12	12
BUS 3	10,4	10,4	10,4

BUS	Daya Aktif (KW)		
	Sebelum	Sesudah	
		Cos phi = 0,85	Cos phi = 1
BUS 4	26	26,3	26,4
BUS 5	1,34	1,34	1,34
BUS 6	17,3	17,5	17,5
BUS 7	3,14	3,14	3,15
BUS 8	20,1	20,2	20,3
BUS 9	2,8	2,82	2,83
BUS 10	14,2	14,3	14,4



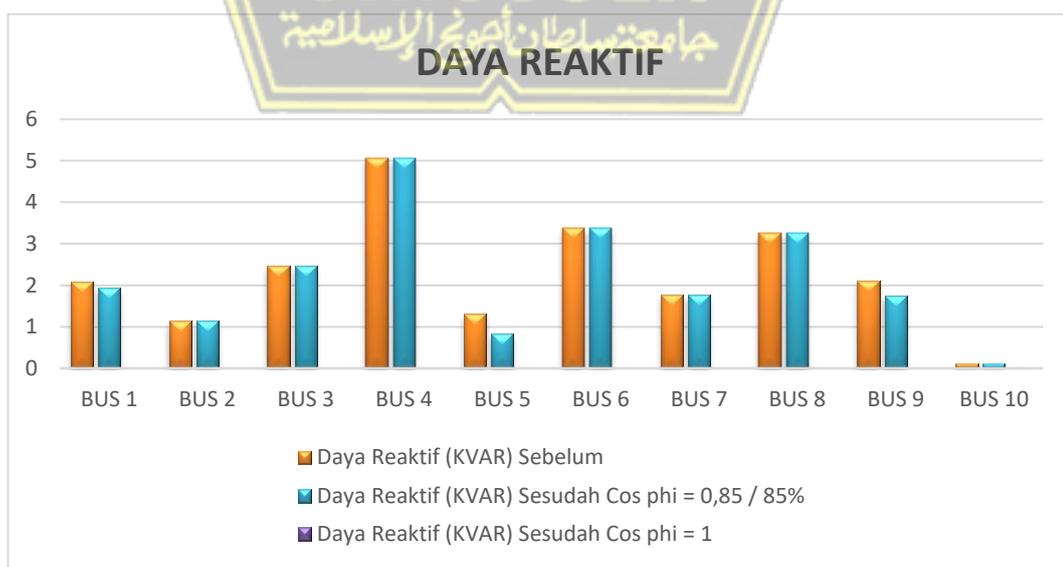
**Grafik 4. 4** Perbandingan nilai daya aktif sebelum dan sesudah perbaikan

Berdasarkan Tabel 4.14 dan Grafik 4.4 perbandingan nilai daya aktif setelah perbaikan dengan target  $\cos \phi = 0,85$  dan  $\cos \phi = 1$  dari BUS 1 sampai dengan BUS 10 terlihat ada kenaikan tidak begitu banyak justru bisa dikatakan setabil, nilai

daya aktif ini tidak berubah secara *signifikan* hanya karena pemasangan kapasitor bank, karena daya aktif adalah komponen daya yang melakukan kerja nyata seperti menyalakan lampu dan tidak terpengaruh kompensasi daya reaktif.

**Tabel 4. 16** Perbandingan nilai daya reaktif sebelum dan sesudah perbaikan

BUS	Daya Reaktif (KVAR)		
	Sebelum	Sesudah	
		Cos phi = 0,85 / 85%	Cos phi = 1 / 100%
BUS 1	2,09	1,93	0,005
BUS 2	1,14	1,14	0,006
BUS 3	2,46	2,46	0,001
BUS 4	5,05	5,06	0,019
BUS 5	1,31	0,828	0,004
BUS 6	3,38	3,38	0,009
BUS 7	1,77	1,77	0,002
BUS 8	3,25	3,26	0,010
BUS 9	2,11	1,74	0,007
BUS 10	2.56	2.56	0,016

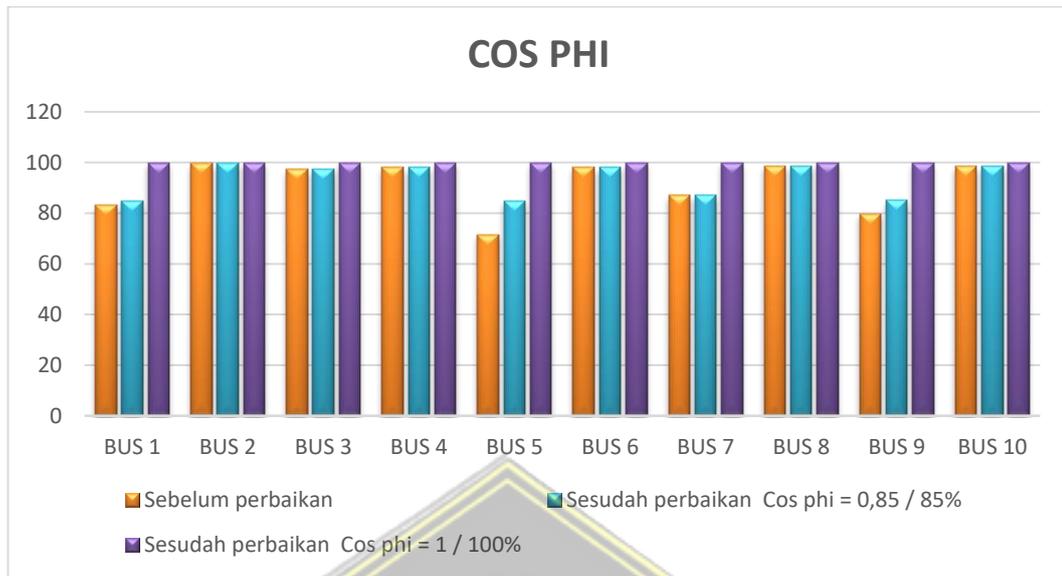


**Grafik 4. 5** Perbandingan nilai daya reaktif sebelum dan sesudah perbaikan

Berdasarkan Tabel 4.15 dan Grafik 4.5 perbandingan nilai daya reaktif setelah perbaikan  $\cos \phi = 0,85$  (KVAR) pada BUS 1 awalnya adalah 2,09 KVAR turun menjadi 1,93 KVAR, BUS 5 awalnya adalah 1,31 KVAR turun menjadi 0,828, dan pada BUS 9 sebelum diperbaiki adalah 2,11 KVAR setelah diperbaiki turun menjadi 1,74 KVAR dan setelah perbaikan  $\cos \phi = 1$  pada semua BUS adalah 0. Jadi kenapa nilai daya reaktif turun setelah pemasangan kapasitor bank karena kapasitor bank mengkompensasi daya reaktif induktif yang dihasilkan oleh beban, ini mengurangi total daya reaktif kemudian meningkatkan nilai  $\cos \phi$  dan meningkatkan efisiensi kapasitas sistem distribusi listrik.

**Tabel 4. 17** Perbandingan nilai  $\cos \phi$  sebelum diperbaiki dan sesudah diperbaiki

BUS	Sebelum perbaikan	Sesudah perbaikan	
		Cos phi = 0,85 / 85%	Cos phi = 1 / 100%
BUS 1	83,01	85,01	100
BUS 2	99,55	99,55	100
BUS 3	97,32	97,32	100
BUS 4	98,2	98,2	100
BUS 5	71,55	85,02	100
BUS 6	98,17	98,17	100
BUS 7	87,16	87,16	100
BUS 8	98,73	98,73	100
BUS 9	80,44	85,1	100
BUS 10	98,44	98,44	100



**Grafik 4. 6** Perbandingan nilai faktor daya sebelum dan sesudah perbaikan

Berdasarkan Tabel 4.17 dan Grafik 4.6 diatas, dapat dilihat hasil perbaikan faktor daya sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan dengan target  $\cos \phi = 0,85 / 85\%$  pada BUS 1 nilai faktor daya sebelum perbaikan  $0,831 / 83,1\%$  setelah perbaikan dengan kapasitor bank naik jadi  $0,851 / 85,1\%$ , pada BUS 5 sebelum perbaikan nilai faktor daya  $0,715 / 71,55\%$  setelah perbaikan naik menjadi  $0,852 / 85,1\%$ , pada BUS 9 nilai faktor daya sebelum perbaikan  $0,804 / 80,44\%$  setelah perbaikan naik menjadi  $0,851 / 85,1\%$ , dan perbaikan dengan target  $\cos \phi = 1$  pada semua BUS adalah  $1 / 100\%$ . Jadi  $\cos \phi$  naik sesuai target yaitu  $0,85 / 85\%$  dan  $1 / 100\%$  setelah pemasangan kapasitor bank karena kapasitor bank mengurangi daya reaktif total dalam sistem. kejadian ini meningkatkan rasio antara daya aktif dan daya semu, sehingga meningkatkan nilai  $\cos \phi$ .

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

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

1. Besar nilai faktor daya eksisting pada gedung RSIGM di beberapa lantai gedung, terutama pada lantai 1, 3, dan 5 berada di bawah standar minimum yang ditetapkan oleh PLN yaitu (0,85).
2. Untuk meningkatkan nilai faktor daya yang mengalami penurunan, dilakukan perhitungan daya aktif, daya semu daya reaktif, dan menghitung daya semu daya reaktif dan menghitung kebutuhan kapasitor bank untuk perbaikan dengan target  $\cos \phi = 0,85$  dan 1 kemudian disimulasikan menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0.1.
3. Setelah dipasang kapasitor bank nilai faktor daya naik seperti contoh pada BUS 1 semula 83,1 naik menjadi 0,85 dan 1,  $\cos \phi$  naik sesuai target yaitu 0,85 / 85% dan 1 / 100% setelah pemasangan kapasitor bank karena kapasitor bank mengurangi daya reaktif total dalam sistem.
4. Dampak yang terjadi setelah faktor daya diperbaiki adalah menurunnya nilai arus contoh seperti Bus 1 dari 5,7 amper turun menjadi 5,6 amper dan 4,7 amper, kemudian adanya kenaikan nilai tegangan contoh pada Bus 1 semula 378 V naik menjadi 379 V, menurunnya nilai daya semu seperti pada Bus 1 dari 3,74 KVA turun menjadi 3,66 KVA dan 3,12 KVA, nilai daya aktif stabil, nilai daya reaktif turun semula 2,09 KVAR turun menjadi 1,93 KVAR dan 0.

## 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 Distribution Panel, untuk penelitian selanjutnya mungkin bisa memperbaiki faktor daya pada Main Distribution Panel pada gedung lain.
2. Penelitian ini memperbaiki nilai faktor daya menggunakan simulasi ETAP 19.0.1, untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan software simulasi yang lain.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rusda, K. Karim, and M. Masing, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Energi Listrik Pada Politeknik Negeri Samarinda," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi dan Aplikasi di Lingkungan Tropis*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 1–9.
- [2] R. Rusliadi, "Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Perbaikan Faktor Daya Pada Kelistrikan Di Gedung Hotel Arista Palembang." 021008 Universitas Tridianti Palembang, 2022.
- [3] A. N. Setya and A. I. Agung, "Efisiensi Energi Listrik Dalam Upaya Meningkatkan Power Quality dan Penghematan Energi Listrik di Gedung Universitas Ciputra (UC) Apartment Surabaya," *Jur. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 03, pp. 193–202, 2017.
- [4] H. Ndikade, S. Salim, and S. Abdussamad, "Studi Perbaikan Faktor Daya Pada Jaringan Listrik Konsumen Di Kecamatan Katobu Kabupaten Muna," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 52–59, 2022.
- [5] D. Mulyani and D. Hartono, "Pengaruh efisiensi energi listrik pada sektor industri dan komersial terhadap permintaan listrik di Indonesia," *J. Ekon. Kuantitatif Terap.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–17, 2018.
- [6] R. (2014). Tiansyah, "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Daya Listrik pada Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Area Bandung. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Bandung.," vol. 1, pp. 1–21, 2014.
- [7] I. Roza, "Analisis Penurunan Cos phi dengan menentukan Kapasitas Kapasitor Bank Pada Pembangkit Tenaga Listrik Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Decrease Analysis of Cos phi by determining the Capacitive Capacity of Banks in Oil Palm Pabrik Kelapa Sawit (PKS)," *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol.2,no.1,pp.1–10,2018,[Online].Available:<http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>.

- [8] T. Nusa, S. R. U. A. Sompie, and M. Rumbayan, "Sistem monitoring konsumsi energi listrik secara real time berbasis mikrokontroler," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 4, no. 5, pp. 19–26, 2015.
- [9] G. L. Pltgl, S. L. S, I. Sardono, S. M. Sc, I. Ranu, and K. St, "Generator Induksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga," pp. 1–8, 2013.
- [10] F. Sutrisna, "Masalah Faktor Daya dan Pemasangan Kapasitor, Jakarta," 2010,[Online].Available:<https://indone5ia.wordpress.com/2011/05/14/192/>.
- [11] D. Almanda and N. Majid, "Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 2, no. 1, pp. 7–14, 2019.
- [12] S. A. Syahbrian Ariadi, "Evaluasi Sistem Distribusi Energi Listrik Kampus Tamalanrea Universitas Hasanuddin= Evaluation of the Electrical Energy Distribution System for the Tamalanrea Campus Hasanuddin University." Universitas Hasanuddin, 2023.
- [13] A. Carmanto, "Analisis Peningkatan Kinerja Kualitas Daya Listrik Tegangan 20 Kv Di Industri Berbasis Simulasi Etap 12.6. 0," *Epic J. Electr. Power, Instrum. Control*, vol. 2, no. 2, pp. 1–12, 2019.
- [14] F. Damayanti, "Analisa Jatuh Tegangan Pada Penyulang Meranti Di PT. PLN ULP Ampera Menggunakan ETAP 19.0. 1." Politeknik Negeri Sriwijaya, 2021.
- [15] B. D. Cahyo, "Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya Sebagai Upaya Optimasi Daya Listrik di Gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh," 2024.