



**ANALISIS PERENCANAAN PERBAIKAN FAKTOR DAYA
SEBAGAI UPAYA OPTIMASI DAYA LISTRIK DI GEDUNG
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
MALIKUSSALEH**

TUGAS AKHIR

**Karya Ilmiah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang
strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Malikussaleh**

Oleh:

Bayu Dwi Chayo

190150027

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MALIKUSSALEH

LHOKSEUMAWE

2024

LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN

Judul Tugas Akhir : Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya
Sebagai Upaya Optimasi Daya Listrik Di Gedung
Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh

Nama Mahasiswa : Bayu Dwi Chayo
NIM : 190150027
Program Studi : SI Teknik Elektro
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh
Pembimbing Utama : Salahuddin, S.T., M.T.
Ketua Penguji : Misbahul Jannah, S.T., M.T.
Anggota Penguji : Muhammad, S.T., M. Sc.

Lhokseumawe, 22 Januari 2024

Penulis,

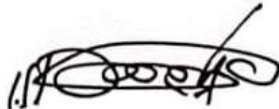


Bayu Dwi Chayo

NIM 190150027

Menyetujui:

Pembimbing Utama,




Salahuddin, S.T., M.T.

NIP 197110292002121002

Mengetahui:

Ketua Jurusan



Prof. Dr. Ir. Dahlan Abdullah, S.T.,

M.Kom, IPU., ASEAN Eng.

NIP 197602282002121005

Koordinator Program Studi,



Misbahul Jannah, S.T., M.T.

NIP 197705062005012003

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bayu Dwi Chayo

NIM : 190150027

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari skripsi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri. Apabila ternyata terdapat dalam skripsi saya bagian-bagian yang memenuhi standar penjiplakan maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebahagian atau seluruh hak gelar kesarjanaan saya

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Lhokseumawe, 22 Januari 2024

Saya yang membuat pernyataan,



Bayu Dwi Chayo
NIM. 190150027

KATA PENGANTAR

Assalamu alaikum Wr.Wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah memberikan rahmat, kekuatan dan kesabaran kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis melaksanakannya di Lhokseumawe dengan judul “Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya Sebagai Upaya Optimasi Daya Listrik Di Gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh”.

Hambatan selalu penulis hadapi, baik dalam pelaksanaan maupun dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Akan tetapi berkat izin Allah SWT dan berkat bimbingan, bantuan, serta dorongan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat melalui hambatan yang dihadapi hingga akhirnya laporan tugas akhir dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- a. Bapak Prof. Dr. H. Herman Fithra, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng sebagai Rektor Universitas Malikussaleh.
- b. Bapak Dr. Muhammad, S.T., M.Sc sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- c. Bapak Prof. Dr. Ir. Dahlan Abdullah, S.T., M.Kom., IPU., ASEAN Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.
- d. Ibu Misbahul Jannah, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.
- e. Bapak Asran, S.T., M.T selaku Ketua Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.
- f. Bapak Salahuddin, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
- g. Bapak/Ibu Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

- h. Ayah, umak dan juga keluarga tercinta yang telah memberikan doa, dorongan, serta membantu secara moral dan material yang kuat.
- i. Teman seangkatan 2019 Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan semoga tugas laporan ini bermanfaat, kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaannya, dan dapat berguna bagi penulis dan pembaca pada umumnya, sehingga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu alaikum Wr.Wb

BukitIndah,10Juni 2023

Bayu Dwi Chayo

NIM: 190150027

**ANALISIS PERENCANAAN PERBAIKAN FAKTOR DAYA SEBAGAI
UPAYA OPTIMASI DAYA LISTRIK DI GEDUNG JURUSAN TEKNIK
ELEKTRO UNIVERSITAS MALIKUSSALEH**

ABSTRAK

Energi listrik, sebagai elemen krusial dalam rutinitas keseharian manusia, mengalami peningkatan kebutuhan yang signifikan setiap tahunnya. Kualitas daya listrik yang baik bukan hanya berdampak pada penghematan listrik tetapi juga memberikan nilai kompensasi daya yang efisien. Salah satu parameter penentu kualitas daya listrik adalah faktor daya, yang diukur sebagai perbandingan antara daya aktif dan daya semu. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor daya pada sistem kelistrikan Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh. Masalah yang muncul melibatkan bagaimana menganalisis faktor daya yang ada dan bagaimana memperbaikinya secara akurat. Penelitian yang dilakukan menggunakan observasi dan pengukuran secara langsung pada gedung. Perbaikan yang dilakukan pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh menambahkan kapasitor pada gardu tiang dan melakukan simulasi perbaikan menggunakan ETAP 16.0.0. Pada gedung tersebut didapatkan kurangnya nilai faktor daya sehingga dilakukan perbaikan faktor daya dengan menambahkan kapasitor bank. Dari pengukuran yang didapatkan nilai faktor daya pada gedung tersebut mengalami penurunan pada saat jam 2 pagi dini yang mencapai 0,7. Pada gedung tersebut didapatkan kurangnya nilai faktor daya sehingga dilakukan perbaikan faktor daya dengan menambahkan kapasitor bank. Cara memperbaiki faktor daya pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh ialah dengan penambahan kapasitor bank. Total kapasitor bank yang digunakan pada gedung ini sebesar 1 kVAR. Setelah dilakukan perbaikan, didapatkan nilai faktor daya yang sesuai dengan standar yaitu 0,9.

Kata Kunci : *Kapasitor Bank, ETAP 16.0.0, Faktor daya, Optimasi daya listrik*

**ANALYSIS OF POWER FACTOR IMPROVEMENT
PLANNING AS AN EFFORT FOR ELECTRICAL POWER
OPTIMIZATION IN THE ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT BUILDING, MALIKUSSALEH UNIVERSITY**

ABSTRACT

Electricity, as a crucial element in the daily routines of humans, experiences a significant increase in demand every year. The quality of electrical power not only impacts energy savings but also provides efficient power compensation. One determinant parameter of power quality is the power factor, measured as the ratio of active power to apparent power. In this context, this research aims to analyze the power factor in the electrical system of the Electrical Engineering Laboratory Building at Malikussaleh University. The issues involved include how to analyze the existing power factor and how to accurately improve it.

The research was conducted using observations and direct measurements in the building. Improvements made to the Electrical Engineering Laboratory Building at Malikussaleh University involved adding capacitors to the pole substation and simulating the improvements using ETAP 16.0.0. In the building, a lack of power factor value was identified, leading to power factor improvement by adding a capacitor bank. Measurements indicated a decrease in the power factor value in the building, reaching 0.7 at 2 AM. The power factor was improved by adding a capacitor bank, with a total capacitance of 1 kVAR used in the building. After the improvement, the power factor value met the standard, achieving 0.9.

Keywords: *Capacitor Bank, ETAP 16.0.0, Power Factor, Electrical Power Optimization*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN	i
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	vv
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Sistem Tenaga Listrik.....	8
2.3 Sistem Distribusi Listrik.....	9
2.4 Daya Listrik.....	11
2.4.1 Daya Aktif	11
2.4.2 Daya Reaktif	12
2.4.3 Daya Semu	12
2.5 Perbaikan Faktor Daya	13
2.5.1 Motor Sinkron.....	14
2.5.2 Kapasitor Statis	14
2.6 Konsep Dasar Beban Listrik	16

2.6.1	Beban Resistif	16
2.6.2	Beban Induktif	17
2.6.3	Beban Kapasitif	18
2.7	Studi Aliran Daya.....	19
2.8	Kapasitor	22
2.9	Prinsip Kerja Kapasitor	23
2.10	ETAP.....	24
2.11	Optimasi Daya Listrik	26
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Metodologi Penelitian	28
3.2	Pengumpulan Data	29
3.2.1	Single Line Diagram Gedung	29
3.2.2	Transformator Distribusi	30
3.2.3	Kabel.....	31
3.2.4	Data Pengukuran.....	32
3.3	Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Sistem Kelistrikan Gedung Teknik Elektro	35
4.2	Faktor Daya Sebelum Perbaikan	36
4.3	Faktor Daya Setelah Perbaikan	40
4.4	Proses Perbaikan Faktor Daya.....	45
BAB V KESIMPULAN		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN A.....		52
LAMPIRAN B		54
LAMPIRAN C		56
LAMPIRAN D.....		57
LAMPIRAN E		59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian sebelumnya.....	7
Tabel 3.1 Data transformator	31
Tabel 3.2 Data Kabel.....	31
Tabel 3.3 Data pengukuran	32
Tabel 3.4 Data pengukuran trafo.....	32
Tabel 4.1 Komsumsi daya listrik pada gedung sebelum perbaikan	40
Tabel 4.2 Komsumsi daya listrik pada gedung setelah perbaikan	42
Tabel 4.3 Komsumtif daya setelah perbaikan	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Segitiga Daya	13
Gambar 2.2 Diagram Faktor Daya	16
Gambar 2.3 Arus dan Tegangan Sefasa	17
Gambar 2.4 Arus Tertinggal 90° dari Tegangan	17
Gambar 2.5 Arus Mendahului 90° dari Tegangan	18
Gambar 2.6 Simbol Kapasitor	22
Gambar 2.7 Metode Pemasangan Kapasitor Bank	24
Gambar 2.8 Tampilan Awal Software ETAP	26
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	29
Gambar 3.2 Tampilan Gedung pada SLD AR05-Paloh SD	29
Gambar 3.3 Tampilan diagram satu garis lantai satu	30
Gambar 3.4 Tampilan diagram satu garis lantai dua	30
Gambar 4.1 Tampilan SLD gedung di ETAP	36
Gambar 4.2 Tampilah saat simulasi dijalankan	37
Gambar 4.3 Perubahan faktor daya digedung	38
Gambar 4.4 Komsumsi daya pada gedung sebelum perbaikan	39
Gambar 4.5 Tampilan SDL gedung setelah penambahan kapasitor Bank	42
Gambar 4.6 Perbandingan Faktor Daya sebelum dan sesudah	44
Gambar 4.7 Perbandingan daya semu (S)	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang memiliki peran yang sangat vital dalam aktivitas keseharian manusia. Setiap tahun terjadi peningkatan kebutuhan energi yang sangat signifikan dan menuntut penyedia tegangan listrik untuk memberikan suplai tenaga listrik yang cukup dan berkualitas [1].

Peningkatan kebutuhan energi juga diikuti dengan permintaan daya reaktif akibat beban yang bersifat induktif meningkat, jika suatu jaringan tidak memiliki sumber daya reaktif di daerah sekitar beban maka semua kebutuhan beban reaktifnya dipikul oleh generator, sehingga akan mengalir arus reaktif pada jaringan yang mengakibatkan peningkatan drop tegangan, dan rugi daya [2].

Energi listrik menjadi hal yang sangat penting karena tidak dapat di lepaskan dari keperluan sehari-hari. manusia hampir tidak dapat melakukan pekerjaannya dengan sempurna tanpa adanya bantuan energi listrik, hampir semua peralatan yang banyak digunakan manusia menggunakan energi listrik. Hal ini membuktikan bahwa energi listrik sangat penting bagi kehidupan manusia pada saat ini. Kekurangan energi listrik tentunya akan mengganggu aktifitas manusia [3].

Bahkan pada saat ini energi listrik dapat dikatakan sebagai kebutuhan yang mendasar. Oleh karena itu kesinambungan dan ketersediaan energi listrik harus di pertahankan dalam waktu yang akan datang kebutuhan listrik akan meningkat seiring dengan adanya peningkatan dan pengembangan yang baik dari jumlah penduduk serta jumlah investasi yang semakin meningkat [4].

Kualitas daya listrik menjadi sangat penting untuk diperhatikan, ketika semakin sensitifnya suatu peralatan baik di industry maupun di rumah tangga [5]. Kualitas daya listrik yang baik akan memberikan nilai kompensasi daya listrik yang sedikit dan akan memberikan sifat penghematan listrik. Salah satu hal yang dapat mempengaruhi baik atau buruknya suatu kualitas daya listrik yaitu nilai

faktor daya (Power Factor).

Konsumsi listrik di Indonesia tahun 2017 mencapai 1,012 Kilowatt per Hour (kWH)/ kapita, naik 5,9 % dari tahun sebelumnya [6]. Hal ini tentunya dipengaruhi oleh minat konsumen atau masyarakat akan kebutuhan energy listrik. Meningkat nya kebutuhan energi listrik akan membuat banyak permasalahan juga dalam system tenaga listrik. Salah satu aspek dari permasalahan system tenaga listrik yaitu penurunan kualitas daya listrik, penurunan kualitas daya listrik menyebabkan berkurang nya efisiensi energi. Oleh karena itu, salah satu parameter yang perlu di perhatikan dalam pengolahan energy listrik pada suatu gedung adalah kualitas daya listrik nya.

Seiring dengan hal tersebut, pengaturan system tenaga listrik yang baik sangat dibutuhkan untuk mendapatkan kualitas daya listrik yang baik. Kualitas daya listrik yang buruk memiliki banyak dampak yang merugikan pada perangkat listrik dan penggunaannya. Kualitas daya listrik merupakan suatu konsep yang memberikan gambaran tentang baik nya suatu system tenaga listrik yang di akibatkan gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan [7]. Faktor daya yang dinotasikan $\cos \phi$ didefinisikan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masukkedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif(kW) dan daya semu (kVA).

Nilai faktor daya di batasi dari nilai 0 sampai 1, semakin tinggi nilai factor daya artinya semakin baik nilai faktor daya nya, sebaliknya apabila semakin rendah nilai faktor daya nya maka semakin buruk nilai faktor daya yang ada pada system tenaga listrik tersebut [8]. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No.7 tahun 2010, tentang tarif biaya listrik yang disediakan oleh PT. PLN (Persero) menjelaskan, PLN menetapkan besar nilai Faktor Daya ($\cos \phi$) tidak diperbolehkan kurang dari 0,86 [9]. Apabila nilai faktor daya pada konsumen tidak memenuhi ketentuan maka harus membayar denda kVAR yang telah di tetapkan. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara memperbaiki Faktor Daya.Salah satu cara untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan memasang Kompensator berupa Kapasitor Bank pada system tenaga listrik yang memungkinkan untuk

mensuplai kebutuhan kVAR pada beban-beban induktif. Untuk mengurangi beban induktif diperlukan sumber daya kapasitif. sumber daya kapasitif tersebut dapat berupa kapasitor bank. Keuntungan yang diperoleh dari pemasangan kapasitor bank adalah dapat memperbaiki faktor daya, penambahan kapasitas penyaluran daya, pengurangan rugi-rugi daya dan penurunan jatuh tegangan [10].

Dari pemikiran-pemikiran yang telah dijelaskan diataslah yang melatar belakangi penulis sangat tertarik untuk mengangkat judul “ Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya Sebagai Upaya Optimasi Daya Listrik Di Gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh”, yang akan di simulasikan menggunakan Software ETAP dan mengangkat nya sebagai tugas akhir.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana menganalisa faktor daya pada sistem kelistrikan Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh ?
- b. Bagaimana cara memperbaiki faktor daya secara akurat pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh ?

1.3 Batasan Masalah

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

- a. Perbaikan faktor daya dilakukan berdasarkan pembebanan puncak pada gedung.
- b. Tidak mengambil sampel data pada penggunaan beban 3 phasa.
- c. Perhitungan nilai kapasitor bank yang akan digunakan terhadap panel Transformator utama yang memiliki nilai faktor daya dibawah 0,85 (sesuai standar batas minimum faktor daya yang ditetapkan PLN)

1.4 Tujuan

Adapun tujuan akhir dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai

berikut:

- a. Mampu menganalisa faktor daya pada sistem kelistrikan Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.
- b. Mengetahui cara memperbaiki faktor daya secara akurat pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari terlaksananya penelitian ini diharapkan nantinya akan memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam upaya optimasi daya listrik di gedung tersebut, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi penggunaan daya listrik.
- b. Penelitian ini dapat memberikan pemahaman lebih mendalam tentang kondisi faktor daya pada sebuah gedung.
- c. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pihak terkait, seperti PLN, dalam memahami kondisi faktor daya di gedung tersebut.
- d. Melalui perbaikan faktor daya, penelitian ini juga dapat berkontribusi dalam peningkatan efektivitas sistem, seperti meningkatkan keuntungan dan meminimalisir waktu proses.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis juga membagi tugas akhir ini kedalam lima bab yang secara umum diuraikan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan teori-teori yang akan digunakan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

BAB III: METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas mengenai lokasi penelitian, alat-alat yang

digunakan pada pelaksanaan penelitian, dan jalannya penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai perhitungan besar nilai $\cos \phi$, perhitungan faktor daya sebelum dan sesudah setelah perbaikan faktor daya.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari semua hasil penelitian. Dan juga berisi saran untuk penelitian dan pengembangan yang akan dilakukan selanjutnya berdasarkan pada hasil kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, seperti yang disampaikan dalam tesis "Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya Sebagai Upaya Optimasi Daya Listrik Di Gedung E5 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang", menunjukkan bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perencanaan perbaikan faktor daya sebagai upaya optimasi daya listrik di gedung E5 FT UNNES [11]. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai faktor daya pada gedung E5 FT UNNES memiliki nilai 0,95 dan 0,99 untuk daya semu dan daya reaktif, dan menalami penurunan sebesar 23,9% untuk daya semu, kenaikan 22,7% untuk daya nyata, penurunan sebesar 47,0% untuk daya reaktif, dan penurunan sebesar 23,9% untuk nilai arus.

Beberapa manfaat dari penelitian terdahulu dalam analisis perencanaan perbaikan faktor daya sebagai upaya optimasi daya listrik di gedung E5 FT UNNES meliputi:

- a. Identifikasi perencanaan perbaikan faktor daya sebagai upaya optimasi daya listrik.
- b. Memberikan pemahaman tentang kondisi faktor daya pada gedung E5 FT UNNES.
- c. Mengarah pada pendekatan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif.

Dari manfaat-manfaat di atas, penelitian sebelumnya telah memberikan wawasan tentang bagaimana mengoptimalkan penggunaan daya listrik di gedung E5 FT UNNES. Namun, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk mengembangkan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam mengelola perbaikan faktor daya pada sistem listrik.

Sebelumnya telah dilakukan juga penelitian dengan judul "Studi

Perancangan Perbaikan Faktor Daya Pada Gedung C Lantai 1 Politeknik Negeri Medan”. Teknik analisis data yang digunakan ialah dengan mengamati secara langsung saat melakukan pemeriksaan untuk mendeskripsikan apa yang terjadi saat ini yang didalamnya terdapat upaya mencatat, analisis, dan mendeskripsikan kondisi- kondisi yang terjadi upaya untuk menguji dan mendapatkan kesimpulan saat pengolahan data berlangsung [12].

Adapun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Penelitian sebelumnya

Nama Peneliti	Hasil yang dilaksanakan dalam penelitian	Parameter yang diukur	Hasil
Ritongga, 2019 [13]	Dari pengamatan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai daya reaktid sebesar 75,303 kVAR dan setelah kompensasi sebesar 13,780 kVAR. yang membuktikan bahwa penambahan kapasitor bank dapat menurunkan daya reaktif.	Daya Reaktif	nilai faktor daya sebelum perbaikan adalah 0,79 dan setelah perbaikan nilainya meningkat menjadi 0,90 ini mendekati nilai faktor daya yang disarankan karena nilai faktor daya terbaik adalah $\cos \phi = 1$
Noor, 2017 [14]	penelitian ini ialah menunjukkan bahwa penambahan Kapasitor daya berpengaruh terhadap besaran listrik yang bekerja.	Tegangan ,Arus, Faktor Daya ,Daya Aktif	Arus berhasil turun saat penambahan sebesar 30 mikrofarad,yaitu penurunan hongga 34 % yang diikuti peningkatan factor Daya hingga 53,9%

			dibandingkan pada saat sebelum dipasang Kapasitor Daya
Amir dan Somantri (2017) [15]	Energi listrik pada beban sering menimbulkan masalah karena daya yang dikonsumsi tidak sesuai dengan daya yang dibutuhkan oleh beban.	Faktor Daya	Hasil penelitian yang menunjukkan system listrik rumah tangga pada beban terpasang 509,26 Watt dengan faktor daya sebelumnya 0,78 lagging menjadi 0,96 leading serta besar pengurangan pemakaian daya semu sebesar 18,8%.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik, pembangkit listrik dibagi menjadi pelanggan dan konsumen (beban) sejak awal, hal ini sangat penting untuk diketahui ketika mempertimbangkan distribusi tenaga dalam beberapa tahap, yaitu. oleh pembangkit listrik atau generator listrik yang disalurkan ke jaringan transmisi saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) yang bertegangan cukup tinggi yaitu 275 kV hingga 800 kV langsung ke gardu induk (GI). Dari gardu induk (GI), listrik dialirkan ke jaringan distribusi primer saluran udara tegangan tinggi (SUTT) bertegangan tinggi yaitu 150 kV hingga 200 kV, dan melalui gardu distribusi langsung ke jaringan distribusi sekunder saluran udara tegangan menengah (SUTM) yang bertegangan 20 kV, listrik disalurkan ke pelanggan atau konsumen sebagai beban listrik dengan tegangan 220 V hingga 380 V untuk daya

tiga fasa [10]. Oleh karena itu, sistem distribusi tenaga listrik mendistribusikan daya ke konsumen melalui Jaringan Listrik Tegangan Rendah (SUTR), sedangkan saluran transmisi mengalirkan tambahan daya tegangan tinggi ke pusat-pusat beban daya yang besar melalui jaringan distribusi tenaga listrik.

Sistem kelistrikan merupakan kesatuan yang terintegrasi dari unit pembangkit listrik, unit transmisi tenaga ke unit distribusi tenaga listrik, bertujuan untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen, dilengkapi dengan sistem proteksi pada unit tersebut. Menurut PT. PLN (Persero), ada tiga bagian penting dalam proses penyaluran tenaga listrik, yaitu pembangkitan, penyaluran (transmisi), dan distribusi.

Komponen dasar sistem tenaga listrik adalah generator, trafo, saluran listrik dan beban. Untuk menganalisis suatu sistem kelistrikan diperlukan diagram yang dapat mewakili setiap komponen sistem kelistrikan. Diagram yang umum digunakan adalah diagram satu garis dan diagram impedansi atau diagram reaktansi.

2.3 Sistem Distribusi Listrik

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang membantu penyaluran tenaga listrik dari sumber utama ke beban serta pemakai tenaga listrik. Dalam hal ini, baik buruknya suatu sistem distribusi tenaga listrik atau sistem distribusi tenaga listrik terutama didasarkan pada kualitas daya yang diterima oleh konsumen. Kualitas daya yang baik mencakup, misalnya, daya dukung arus yang memadai serta tegangan nominal dan konstan. Khususnya jatuh tegangan atau jaringan distribusi yang jauh dan jauh dari pusat pembangkit atau jauh dari sumber utama II-6 yaitu H. gardu induk (GI), atau sering terjadi di ujung saluran, yang sebenarnya harus selalu dijaga konstan. dan stabil.

Sistem pembangkit listrik adalah seperangkat peralatan yang terdiri dari peralatan seperti generator yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Sistem transmisi tenaga listrik adalah penyaluran tenaga listrik dari satu tempat ke tempat lain atau dari pembangkit listrik ke gardu induk. Dan sistem distribusi tenaga listrik adalah alat penyedia tenaga listrik yang menyalurkan tenaga listrik

ke konsumen. Saat mendistribusikan listrik ke konsumen dari pusat beban, sistem distribusi listrik yang tentunya harus disesuaikan dengan kondisi setempat, dengan mempertimbangkan faktor beban, perkembangan kedepan, kondisi batas dan kelayakan konsumsi [11].

Pola konfigurasi jaringan pada distribusi terdiri dari 5 tipe yaitu sistem distribusi radial, *lup*, *spindel*, *spot network* dan sistem interkoneksi [12]. Namun dalam distribusi kelistrikan, sistem jaringan bintang merupakan yang paling umum dan paling sederhana dibandingkan dengan jenis jaringan lainnya. Energi listrik didistribusikan dalam konfigurasi bintang ke masing-masing konsumen melalui gardu induk. Disebut radial karena saluran itu ditarik secara radial dari titik yang menjadi sumber jaringan dan bercabang ke titik beban yang melayani. Sistem radial terdiri atas fider (*feeders*) atau penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

Sistem distribusi radial adalah klasifikasi sistem distribusi berdasarkan topologi atau susunan rangkaiannya. Topologi radial ini merupakan topologi yang sering digunakan pada sistem distribusi tenaga listrik. Ini karena bentuk topologi yang paling sederhana. Sistem distribusi radial dijelaskan sedemikian rupa sehingga sumber suplai PLN ditarik secara radial dari cabang-cabangnya ke setiap pusat beban. Keuntungan dari sistem distribusi radial secara umum adalah kesederhanaan rangkaian, yang memudahkan untuk mempelajari aliran daya dan pengaturan tegangan [13]. Selain itu distribusi radial relatif murah dari segi biaya investasi hal ini dikarenakan penggunaan komponen yang tentunya lebih sedikit di bandingkan yang pada umumnya.

Secara umum, perbedaan paradigmatik antara sistem energi berbasis pembangkit tradisional dan sistem energi terdesentralisasi (*microgrid*) adalah bahwa sistem energi tradisional dibangun berdasarkan letak sumber energi dimana sumber energi adalah tempat pembangkit dibangun. dan dari sana akan dibangun jalur transmisi dan distribusi yang sangat panjang. Sayangnya, terkadang sistem ini tidak menjangkau semua konsumen, terutama konsumen di daerah terpencil yang aksesnya terbatas. Ini adalah masalah dalam sistem tenaga terdistribusi. Sistem tenaga terdistribusi dibangun sesuai dengan lokasi beban/konsumen.

Sistem kelistrikan dibangun di tempat pelanggan berada, di sana atau di dekatnya.

2.4 Daya Listrik

Daya adalah merupakan kuantitas yang penting dalam rangkaian-rangkaian listrik. Daya merupakan ukuran disipasi energi dalam sebuah alat. Karena tegangan dan arus dapat berubah sesuai fungsi dari waktu, dapat diperkirakan bahwa nilai sesaat dan nilai rata-rata dapat digunakan untuk menggambarkan disipasi. Berdasarkan definisi, daya sesaat adalah perkalian antara tegangan dan arus sesaat [16]. Daya listrik biasanya dinyatakan dengan satuan Watt. Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya yang setara dengan yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dengan tegangan 1 Volt. Kualitas daya banyak dipengaruhi antara oleh jenis beban yang tidak linear, ketidakseimbangan pembebanan, distorsi gelombang harmonik yang melebihi standart dan lain- lain. Penurunan kualitas daya dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada sisi beban, bahkan menyebabkan penurunan kapasitas daya pada sumber pembangkit (generator) [17].

$$P = VI \cos\phi \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

P = Daya(Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Cos ϕ = Faktor Daya

2.4.1 Daya Aktif

Daya aktif atau daya nyata adalah daya listrik yang digunakan secara nyata, misalnya untuk menghasilkan panas, atau putaran pada motor listrik. Daya nyata dihasilkan oleh beban-beban listrik yang bersifat resistif murni. Besarnya daya nyata sebanding dengan keluaran arus listrik yang mengalir pada beban resistif dan dinyatakan dalam satuan Watt.

$$P = I^2 R \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

P = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

R = Tahanan (Ohm)

2.4.2 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet [17]. Beban–bebanyang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif untuk menghasilkan medan magnet. Contoh beban listrik yang bersifat induktif antara lain transformator, motor induksi satu fasa maupun tiga fasa yang biasa digunakan untuk menggerakkan kipas angin, pompa air, lift, eskalator, kompresor, konveyordan lain-lain. Beban–beban yang bersifat kapasitif akan menyerap daya reaktifuntuk menghasilkan medan listrik. Contoh beban yang bersifat kapasitif adalah kapasitor.

Besarnya daya reaktif sebanding dengan kuadrat arus listrik yang mengalir pada beban reaktansi.

$$Q = I^2 X \dots\dots\dots (2.3)$$

$$X = X_C - X_L \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR)

I^2 = Arus (Ampere)

X = Reaktansi Total (Ohm)

X_L = Reaktansi Induktif (Ohm)

X_C = Reaktansi Kapasitif (Ohm)

2.4.3 Daya Semu

Daya semu merupakan daya yang dihasilkan oleh aksi, tegangan dan arus yang ada pada jaringan atau daya yang dihasilkan dari jmlah matematis daya aktif dan daya reaktif. Daya semu atau daya kompleks dinyatakan dengan satuan VA (Volt Ampere) merupakan hasil perkalian antara besarnya tegangan dan arus yang mengalir pada beban, dimana:

$$S = VI \dots\dots\dots (2.5)$$

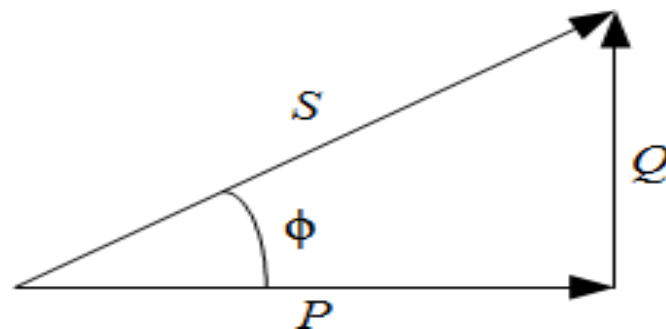
Dimana:

S = Daya Semu (Volt Ampere)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Hubungan ketiga daya listrik daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya



kompleks (S) dinyatakan dengan sebuah segitiga yaitu segitiga daya.

Gambar 2.1 Segitiga Daya

Terlihat pada gambar di atas hubungan antara segitiga daya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$P = S \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.7)$$

$$P = V \cdot I \cos \varphi \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Q = V \cdot I \sin \varphi \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\cos \varphi = pf \dots\dots\dots (2.12)$$

$\cos \varphi$ adalah sudut antara daya aktif dan daya semu, sehingga di definisikan sebagai faktor daya (power faktor). Untuk beban yang bersifat induktif, pf lagging arusnya tertinggal dari tegangan nya, dan untuk beban yang bersifat kapasitif, pf leading arusnya mendahului tegangan.

2.5 Perbaikan Faktor Daya

Faktor Daya merupakan perbedaan fasa antara arus dan tegangan disebut sudut fasa dan cosinus sudut fasa disebut faktor daya ($\cos \varphi$). Faktor daya

merupakan suatu besaran yang dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara daya aktif dengan daya semu [18]. Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan cara melakukan pengaturan komponen reaktif dan induktif yang terdapat pada saluran. Pengaturan tersebut dilakukan dengan mengurangi beban reaktif dan induktif ataupun komponen reaktif dengan mengurangi komponen reaktif-kapasitif dengan faktor daya yang leading (mendahului) sehingga dapat menetralkan komponen lagging (tertinggal) dari beban reaktif-induktif. Metode lain yang umum dilakukan dengan cara menggunakan:

2.5.1 Motor Sinkron

Motor sinkron akan menjadi sumber daya reaktif apabila motor ini bekerja dengan penguatan yang berlebih, sehingga motor akan bekerja dengan faktor daya yang mendahului, hal ini berarti motor bekerja seperti sebuah kapasitor karena mencatu daya reaktif-kapasitif dari keseluruhan system, pada motor sinkron terdapat sumber pembangkit fluks yaitu arus AC. Bila arus medan pada rotor cukup untuk membangkitkan fluks yang diperlukan motor, maka stator tidak perlu melakukan pembangkitan medan magnet atau daya reaktif sehingga motor bekerja pada faktor daya bernilai 1 (nilai sempurna).

2.5.2 Kapasitor Statis

Kapasitor dapat di definisikan sebagai suatu komponen dimana energy berupa medan listrik disimpan. Kapasitor yang digunakan dalam rangkaian system tenaga adalah kapasitor elektro statis dengan menggunakan bahan semacam kertas sebagai bahan dielektrik sebagai bahan utama. Biasanya kertas tersebut diperkuat dengan minyak atau zat organik lainnya yang bias menaikkan kapasitasnya [19].

Cara menentukan suatu kapasitor dalam rangkaian listrik arus bolak-balik akan menyebabkan arus mendahului (leading) terhadap tegangan dan arusnya. Oleh karena itu kapasitor digunakan untuk mengkompensasi arus induktif yang banyak dibutuhkan dalam peralatan yang menggunakan energi listrik. Penyedia layanan listrik tentunya sudah menghimbau para konsumen terutama konsumen bidang industri agar menjaga nilai faktor daya dalam batas yang sudah ditentukan

agar faktor daya nya menjadi lebih baik. Faktor daya yang baik akan menjadikan daya listrik menjadi optimal dan tentunya dapat mengurangi biaya tagihan [19].

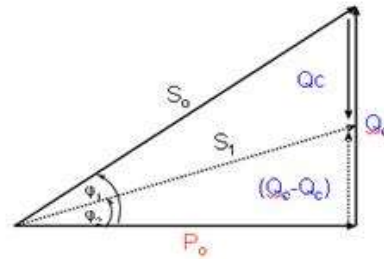
Faktor daya ($\cos \phi$) di definisikan sebagai rasio perbandingan antara daya semu (VA) dan daya aktif (watt) yang digunakan dalam jaringan AC atau beda sudut fasa antara V dan I.

Beberapa keuntungan dari perbaikan faktor daya diantara nya sebagai berikut [19]:

- a. Tagihan listrik yang sebelumnya lebih mahal akan menjadi lebih murah (PLN sudah menetapkan batas nilai power faktor yaitu 0,85, apabila dibawah nilai yang sudah di tentukan akan dikenakan denda kVAR).
- b. Mengurangi rugi-rugi daya.
- c. Kapasitas distribusi tenaga listrik akan meningkat.
- d. Adanya peningkatan tegangan dikarenakan daya yang meningkat.
- e. Jika faktor daya melewati batas 0,85 maka kapasitas daya aktif yang digunakan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan menurun nya nilai faktor daya system kelistrikan, akibat dari menurun nya Faktor daya juga mengakibatkan beberapa kerugian diantara nya adalah:
- f. Faktor daya yang rendah akan menyebabkan arus yang mengalir menjadi besar yang mengakibatkan rugi-rugi daya dan panas yang berlebih.
- g. Arus yang besar akan menyebabkan kenaikan panas pada konduktor, hal ini berdampak pada umur peralatan yang digunakan.
- h. Meningkat nya penggunaan daya listrik dikarenakan rugi-rugi daya.
- i. Denda atau biaya kelebihan daya reaktif ditentukan oleh jumlah pemakaian kVAR, perhitungan kelebihan pemakaian kVAR bisa digunakan dengan rumus sebagai berikut:

Besar kecil nya daya yang digunakan berhubungan dengan kebutuhan beban terhadap terhadap daya reaktif. Daya reaktif yang dibutuhkan beban memiliki sifat induktif, yang artinya fasa arus tertinggal terhadap fasa tegangan sumber nya. Semakin rendah nilai faktor daya berarti kebutuhan akan daya reaktif akan semakin besar dan sudut fasa antara arus akan semakin kecil. Cara untuk memperbaiki faktor daya bisa dengan cara mengurangi penggunaan daya reaktif

nya. Faktro daya dapat diperbaiki dengan menggunakan kompensator berupa kapasitor bank yang dihubungkan parallel dengan beban yang umumnya bersifat induktif seperti motor induksi, *air conditioner* (AC) dan sebagainya. Dengan faktor daya yang di tingkatkan, rugi-rugi daya akibat resistansi saluran juga akan



berkurang. Untuk memberikan daya yang sama besar nya diperlukan arus yang lebih besar bila faktor daya maksimumnya lebih rendah. Perbaikan faktor daya tersebut disebut juga dengan kompensasi arus [19].

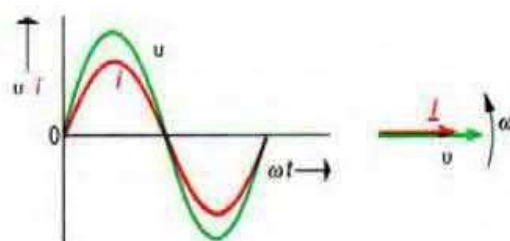
Gambar 2.2 Diagram Faktor Daya

2.6 Konsep Dasar Beban Listrik

Beban listrik merupakan suatu alat atau benda yang dapat bekerja dengan memanfaatkan energy listrik. Contoh nya seperti alat-alat rumah tangga seperti lampu, alat elektronik, selain itu alat yang digunakan untuk mengubah energy listrik menjadi energy yang lain misalnya energy paans dan gerak. Berdasarkan sifatnya beban listrik dapat dibedakan menjadi 3 jenis [20].

2.6.1 Beban Resistif

Beban resistif merupakan beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm, resistor murni seperti pemanas dan lampu pijar [21]. Beban resitif tidak mengakibatkan adanya pergeseran fasa antara arus dan tegangan pada rangkaian AC. Apabila resistor diberikan tegangan bolak-balik maka arus dan tegangan nya akan terlihat seperti gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.3 Arus dan Tegangan Sefasa

Jika tegangan $U = V = U_m \sin \omega t$ diberikan pada rangkaian dengan tahanan ohm maka arus dalam rangkaian memiliki rumus sebagai berikut [21]:

$$I = \frac{U}{R} \dots\dots\dots (2.18)$$

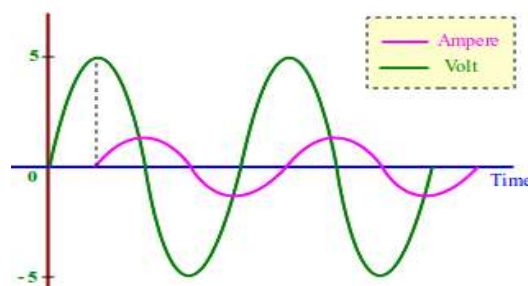
$$I = \frac{U_m \sin \omega t}{R} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$I = I_m \sin \omega t \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan demikian bahwa $R = (U_m/I_m)$ dan gelombang arus, bersamaan dengan tegangan atau beda fasa dan tegangan adalah nol.

2.6.2 Beban Induktif

Beban induktif merupakan beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti besi seperti coil, transformator, motor listrik, dan selenoida [22]. Beban jenis ini dapat menyebabkan pergeseran fasa pada arus sehingga menyebabkan arus tertinggal (*lagging*). Arus ac adalah arus yang berubah-ubah, apabila arus yang mengalir berubah-ubah mengalir melewati inductor maka pada inductor tersebut akan membangkitkan ggl. Hubungan antara tegangan dan arus pada inductor secara grafis sinusoidal ditunjukkan pada Gambar 2.4 seperti di bawah [22].



Gambar 2.4 Arus Tertinggal 90° dari Tegangan

Pergeseran fasa ini di sebabkan oleh energy yang tersimpan berupa medan mahnet yang mengakibatkan fasa aru bergeser dan tertinggal (*lagging*). Beban jenis ini banyak menyerap daya aktif dan daya reaktif. Inductor pada rangkaian ac memiliki reaktansi yang beri symbol X_L , dan X_L ini memiliki nilai sebagai berikut [22]:

$$X_L = \frac{U}{I} \text{ Ohm} \dots \dots \dots (2.21)$$

Keterangan :

U = Tegangan inductor

I = Arus bolak-balik yang melewati inductor

Jika beban induktif disuplai dengan arus bolak-balik maka untuk menghitung reaktansi induktif (X_L) dapat digunakan rumus [22]:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \dots \dots \dots (2.22)$$

Keterangan :

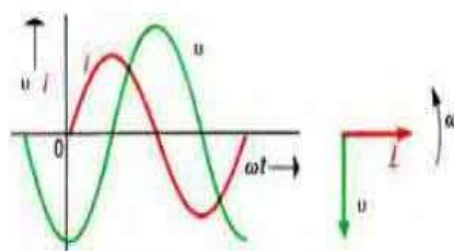
X_L = Reaktansi induktif (Ω)

f = Frekuensi (Hz)

L = Induktansi (Henry)

2.6.3 Beban Kapasitif

Beban kapasitif merupakan beban yang memiliki kemampuan untuk menyimpan energi pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat mendahului arus dan tegangan (*leading*), beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengurangi daya reaktif. Gambar 2.6 di bawah ini menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan ac pada kapasitor [22].



Gambar 2.5 Arus Mendahului 90° dari Tegangan

Bisa terlihat pada gambar 2.6 bahwa arus yang melewati kapasitor mendahului 90° tegangan. Kapasitor dalam rangkaian ac memiliki reaktansi kapasitif yang di beri symbol X_C . untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif X_C dengan menggunakan persamaan berikut [22]:

$$X_C = \frac{U}{I} \text{ Ohm} \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

U = Tegangan pada kapasitor

I = Arus pada kapasitor

2.7 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya adalah salah satu analisis fundamental dalam rekayasa sistem tenaga listrik. Studi aliran daya merupakan proses yang digunakan untuk memodelkan, menganalisis, dan memahami aliran energi listrik dalam jaringan listrik yang kompleks. Studi aliran daya memberikan pemahaman tentang bagaimana tegangan, arus, dan daya listrik mengalir melalui sistem tenaga listrik yang terhubung dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisa kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisis aliran daya listrik digunakan untuk menentukan besaran-besaran listrik yang ada pada sistem tenaga listrik, seperti jatuh tegangan, penggunaan beban, hubung singkat dan rugi-rugi daya.

Perhitungan aliran daya sangat penting dilakukan dalam suatu sistem tenaga listrik. Dalam perhitungan aliran daya, harus diketahui terlebih dahulu parameter-parameter yang ada di setiap bus yaitu :

- a. Daya aktif (*real power*), mempunyai simbol P dengan satuan MW.
- b. Daya reaktif (*reactive power*), mempunyai simbol Q dengan satuan MVAR.
- c. Besar (*magnitude*) tegangan, mempunyai simbol V dengan satuan kV.
- d. Sudut fasa tegangan, mempunyai simbol δ dengan satuan radian.

Pada suatu sistem tenaga listrik, bus (atau nodus) adalah titik-titik dalam jaringan listrik di mana komponen-komponen seperti generator, beban, dan saluran terhubung. Bus digunakan untuk menggambarkan kondisi dan parameter dari berbagai komponen dalam sistem tenaga listrik. Terdapat tiga jenis bus utama yang digunakan dalam analisis sistem tenaga listrik:

- a. Bus Generator (Pembangkitan): Pada bus generator, terdapat generator atau pembangkit listrik. Pada bus ini, parameter utama yang diketahui adalah daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang dihasilkan oleh generator. Bus

generator ini juga memiliki tegangan dan sudut fase generator sebagai parameter yang diketahui.

- b. Bus Beban (Beban): Pada bus beban, terhubung beban listrik seperti rumah tangga, industri, atau bisnis. Parameter yang diketahui pada bus beban adalah daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang dibutuhkan oleh beban. Beban ini mengambil daya dari sistem dan oleh karena itu merupakan pengguna daya pada sistem.
- c. Bus Penghubung (Interkoneksi): Bus penghubung atau bus referensi adalah bus yang digunakan sebagai referensi untuk menormalkan tegangan dalam analisis sistem tenaga listrik. Tegangan pada bus referensi biasanya ditetapkan sebagai nilai tetap (misalnya, 1 per unit) dan sudut fase di set menjadi nol derajat. Bus ini digunakan untuk memberikan dasar atau referensi bagi tegangan di seluruh sistem.

Selain ketiga jenis bus utama ini, ada juga bus khusus yang disebut bus *slack* atau *swing*. Bus slack berfungsi mewakili bus generator yang mengontrol frekuensi dan tegangan dalam sistem serta mengatur kestabilan sistem dengan memodifikasi tegangan dan daya generator. Pengklasifikasian bus dan pemodelan sistem tenaga listrik dengan benar sangat penting dalam analisis dan perencanaan sistem tenaga listrik. Analisis aliran daya, analisis kestabilan, dan studi lainnya bergantung pada pemodelan yang tepat dari bus-bus ini untuk memahami perilaku sistem dan memastikan operasi yang stabil dan efisien.

Studi aliran daya secara umum dilakukan dengan menggunakan satuan unit (pu). Satuan PU (Per-Unit) adalah metode normalisasi yang digunakan untuk menyederhanakan perhitungan dalam analisis sistem tenaga listrik. Dalam satuan per unit parameter-parameter seperti daya, tegangan, arus, impedansi, maupun admitansi dinyatakan sebagai pecahan dari nilai referensi atau *base quantity*. Satuan PU ini digunakan untuk menghitung besarnya aliran daya di setiap saluran transmisi beserta rugi-ruginya dengan menghitung lebih dahulu besarnya (*magnitude*) tegangan dan sudut. Satuan (pu) dikenal sebagai standar dalam perhitungan yang digunakan dalam analisis sistem tenaga listrik.

Definisi satuan per unit untuk suatu kuantitas ialah perbandingan kuantitas tersebut terhadap nilai dasarnya yang dinyatakan dalam desimal. Satuan per unit juga didefinisikan sebagai sistem penskalaan guna mempermudah kalkulasi atau proses perhitungan dalam menganalisa sebuah sistem jaringan listrik. Besaran-besaran seperti tegangan (volt), arus (*ampere*), dan impedansi (ohm) diukur dan dinyatakan dalam satuan per unit sebagai nilai relatif terhadap nilai dasar atau referensi atau ditransformasikan ke dalam besaran tak berdimensi yaitu per-unit (disingkat pu).

Pada mulanya transformasi ke dalam per-unit dimaksudkan untuk mempermudah perhitungan, namun dengan perkembangan penggunaan komputer maksud penyederhanaan itu sudah kurang berarti lagi. Walaupun demikian, beberapa keuntungan yang terkandung dalam satuan per-unit masih terasakan. Nilai per-unit dari suatu besaran merupakan rasio dari besaran tersebut dengan suatu besaran basis. Besaran basis ini berdimensi sama dengan dimensi besaran aslinya sehingga nilai per-unit besaran itu menjadi tidak berdimensi.

Persamaan aliran daya merupakan persamaan aljabar non-linear, sehingga tidak mempunyai solusi eksak. Persamaan tersebut dapat diselesaikan dengan metode iterasi dari beberapa metode numerik. Harga konvergensi pada proses iterasi ditentukan oleh besarnya indeks presisi antara 0,01 hingga 0,00001 atau sesuai dengan yang dikehendaki. Jumlah iterasi menentukan besarnya presisi yang dikehendaki, semakin presisi semakin banyak jumlah iterasi yang harus dilakukan. Metode Newton-Raphson pada dasarnya merupakan metode Gauss – Seidel yang diperluas dan disempurnakan. Perhitungan aliran daya dengan metode Newton – Raphson dianggap lebih efektif untuk jaringan sistem yang besar. Metode Newton – Raphson sangat bergantung pada nilai awal tegangan rel. Pemilihan yang hati-hati dari nilai awal rel sangat direkomendasikan. Jika metode Newton – Raphson gagal menyelesaikan sistem radial yang panjang atau sistem dengan saluran transmisi yang panjang, maka dapat digunakan metode *Fast – decoupled* metode Newton – Raphson melibatkan iterasi yang berdasarkan kepada ekspansi deret Taylor dari persamaan yang akan diselesaikan.

2.8 Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen listrik yang menyimpan muatan listrik, kapasitor memiliki satuan yang disebut Farad [23]. Kondensator diidentifikasi mempunyai dua buah kaki dan dua buah kutub yaitu positif (+) dan negatif (-) serta memiliki cairan elektrolit dan umumnya berbentuk tabung, sedangkan kapasitor memiliki nilai kapasitansi yang lebih rendah tidak memiliki kutub (+) dan (-) pada kakinya, umumnya berbentuk bulat pipih dan berwarna coklat, hijau, merah.



Gambar 2.6 Simbol Kapasitor

Satuan kapasitor umumnya menggunakan Farad, dikarenakan nilai Farad masih tergolong sangat besar maka dibagi lagi dalam bentuk yang lebih kecil yaitu [23]:

- a. Pikofarad (pF) = 1×10^{-12} F
- b. Nanofarad (nF) = 1×10^{-9} F
- c. Mikrofarad (μ F) = 1×10^{-6} F

Kapasitor banyak digunakan untuk meningkatkan faktor daya arus bolak balik, karena fungsi utama dari kapasitor adalah menyimpan arus.

Secara umum fungsi kapasitor pada sistem tenaga adalah sebagai berikut [23]:

- a. Menyuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya kompleks (KVA)
- b. Memperbaiki faktor daya
- c. Mengurangi jatuh tegangan
- d. Menghindari beban berlebih pada trafo
- e. Memberi tambahan daya
- f. Menghindari kenaikan arus dan suhu panas pada kabel

- g. Menghemat daya listrik sehingga menjadi efisien

2.9 Prinsip Kerja Kapasitor

Kapasitor yang akan digunakan untuk menaikkan faktor daya dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir kedalam rangkaian yang memerlukan nya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (I_c) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Keran beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitor (-) akibat daya reaktif yang berubah menjadi kecil. Penggunaan kapasitor bank pada sistem beban tiga fasa yang tidak seimbang akan menimbulkan masalah baru yaitu ketika terjadi kelebihan kompensasi daya reaktif, artinya kapasitor bank mengirim daya reaktif terlalu besar daripada yang diperlukan. Dampaknya yaitu akan meningkatkan tegangan dan arus pada salah satu fasanya sehingga kapasitor menjadi tidak aman terutama disebabkan oleh batas tegangan yang diizinkan telah dilebihi [24].

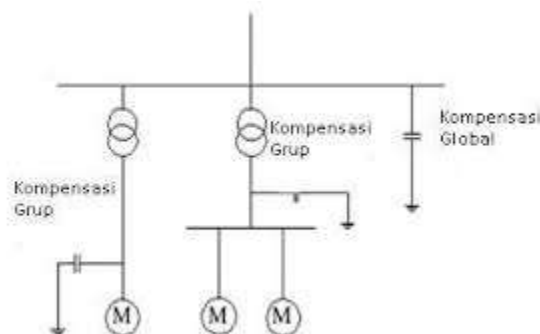
Bagian utama dari suatu sel kapasitor adalah 2 elektroda yang terbuat dari foil alumunium yang dipisahkan oleh dielektrik terlapis. Agar kapasitor lebih handal, maka jumlah lapisan dielektrik dibuat sekurangnya 2 lapis. Tebal foil alumunium biasanya kurang lebih 7 mikron, sedang tebal dielektrik biasanya antara 8 – 24 mikron, tergantung kepada tegangan kerja kapasitor [25].

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

- a. Global Compensation, dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel (MDP). Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara panel dan transformator. Sedangkan arus yang lewat tidak turun, dengan demikian rugi-rugi akibat disipasi panas pada penghantar seteahl MDP tidak terpengaruh.

- b. Group Compensation, dengan metode ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang pada panel SDP. Cara ini cocok di terapkan pada industry dengan kapasitas beban terpasang yang besar sampai dengan ribuan kVA, dan terlebih lagi jarak panel MDP dan SDP cukup berjauhan.
- c. Individual Compensation, dengan metode ini kapasitor langsung dipasang pada masing-masing beban terkhusus yang mempunyai daya besar. Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari sisi teknis, namun harus disediakan ruangan atau empat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut sehingga mengurangi nilai estetika.

Dalam pemasangan kapasitor bank bertujuan untuk memperbaiki nilai faktor daya dalam sebuah rangkaian listrik, dimana salah satu metode nya dapat



dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini [26].

Gambar 2.7 Metode Pemasangan Kapasitor Bank

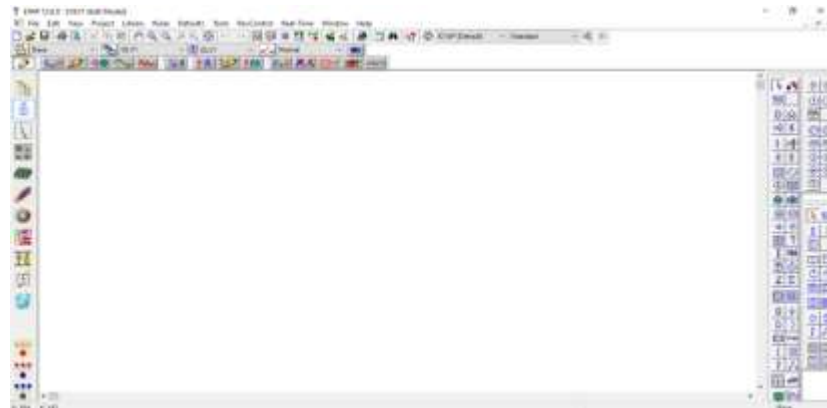
2.10 ETAP

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time [27]. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di Amerika

Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara real time, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis. Etap Power Station memungkinkan untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama yaitu sebagai berikut:

- a. *Virtual Reality Operasi Sistem operational* yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika membuka atau menutup sebuah sirkuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi de-energized pada suatu elemen dan subelemen sistem ditunjukkan pada gambar single line diagram dengan warna abu-abu.
- b. *Total Integration Data Etap Power Station* menggabungkan informasi sistem elektrik, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui raceways yang dilewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa aliran beban (load flow analysis) dan analisa hubung singkat (short-circuit analysis) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan ampacity derating suatu kabel yang memerlukan data fisik routing.

- 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.



Gambar 2.8 Tampilan Awal Software ETAP

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 elektris 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 studiyang akan dilakukan dan hasil analisa.

2.11 Optimasi Daya Listrik

Optimasi berasal dari kata dasar optimal yang berarti terbaik, tertinggi dan

paling menguntungkan, menjadikan paling baik. Sehingga optimasi merupakan suatu tindakan atau proses untuk membuat sesuatu menjadi lebih baik/ sempurna, fungsional dan tentunya efektif. Dengan cara optimasi, suatu sistem dapat di tingkatkan ke efektifan nya, seperti meningkatkan keuntungan atau meminimalisir proses yang menyebabkan kerugian dan sebagainya [28].

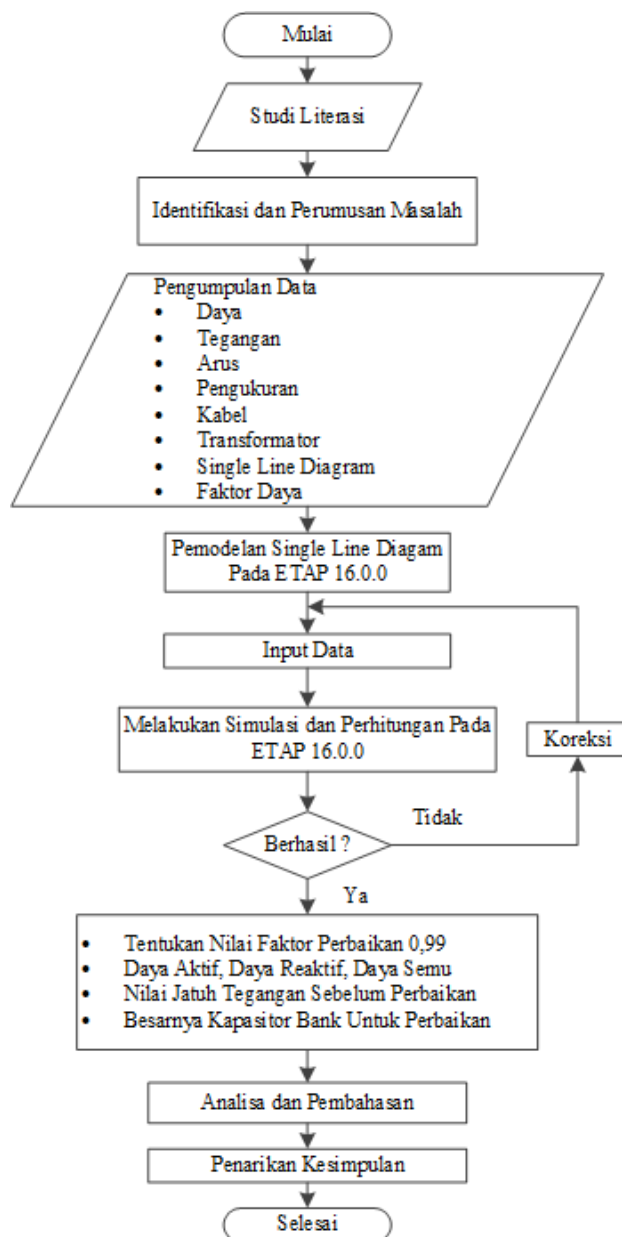
Optimasi daya listrik merupakan suatu tindakan atau proses yang membuat daya listrik menjadi lebih baik dan efektif. Daya listrik yang di optimal kan yaitu daya semu, daya nyata, dan daya reaktif. Daya semu (VA) dinyatakan optimal apabila nilai daya semu pada sistem rendah sehingga suplai nilai daya semu dari sumber dapat digunakan pada peralatan-peralatan listrik lain nya atau membuat bus sistem yang baru. Daya nyata bisa dikatakan optimal apabila nilai nya meningkat, karena dapat meningkatkan kapaistas jaringan dan mengurangi rugi-rugi daya [13].

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Tahap penelitian terkait analisis perencanaan perbaikan faktor daya sebagai upaya optimasi daya listrik di Gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas



Malikussaleh dimuatkan pada Gambar 3.1 dibawah ini.

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

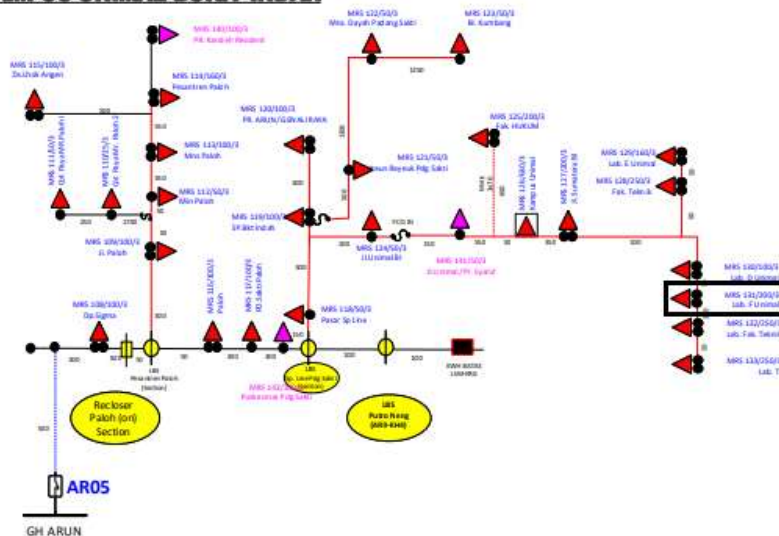
3.2 Pengumpulan Data

Sumber data merupakan subjek dari data dapat yang diperoleh dari sistem ketenagalistrikan yang terdapat pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh. Data yang dibutuhkan tentunya dimulai dari SLD Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh, data tranformator serta data lainnya yang akan dijelaskan pada poin-poin dibawah ini.

3.2.1 Single Line Diagram Gedung

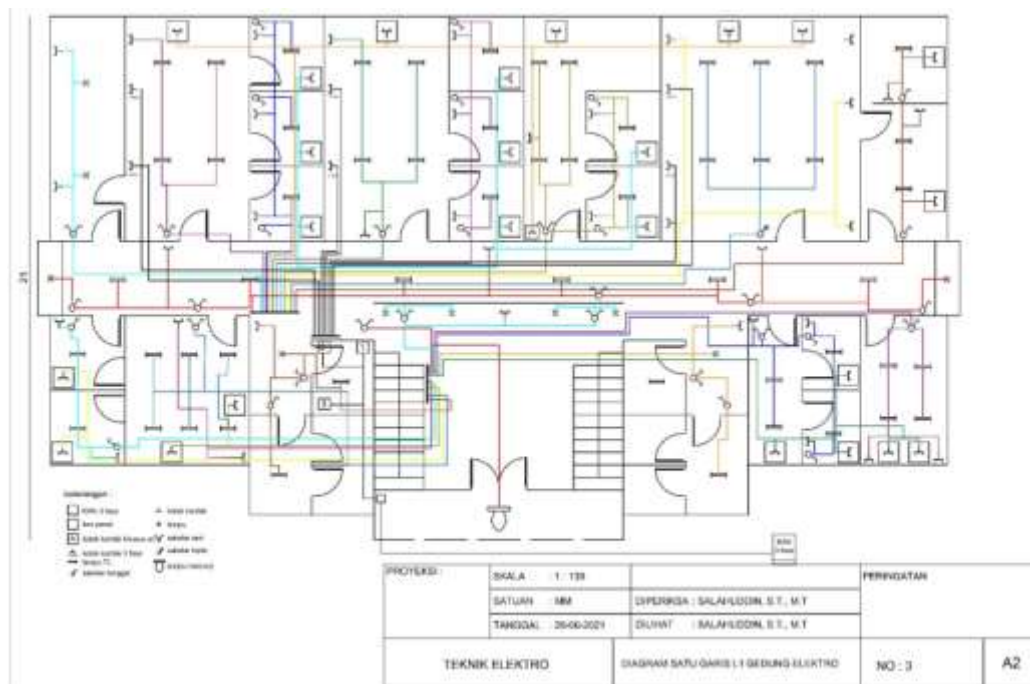
Single line diagram yang digunakan pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh terdiri dari dua lantai. Aliran listrik yang masuk pada gedung ini tentunya dimulai dari penyulang AR05-Paloh SD Gardu Induk Arun seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.

AR 05 – PALOH SD KAMPUS UNIMAL BUKIT INDAH

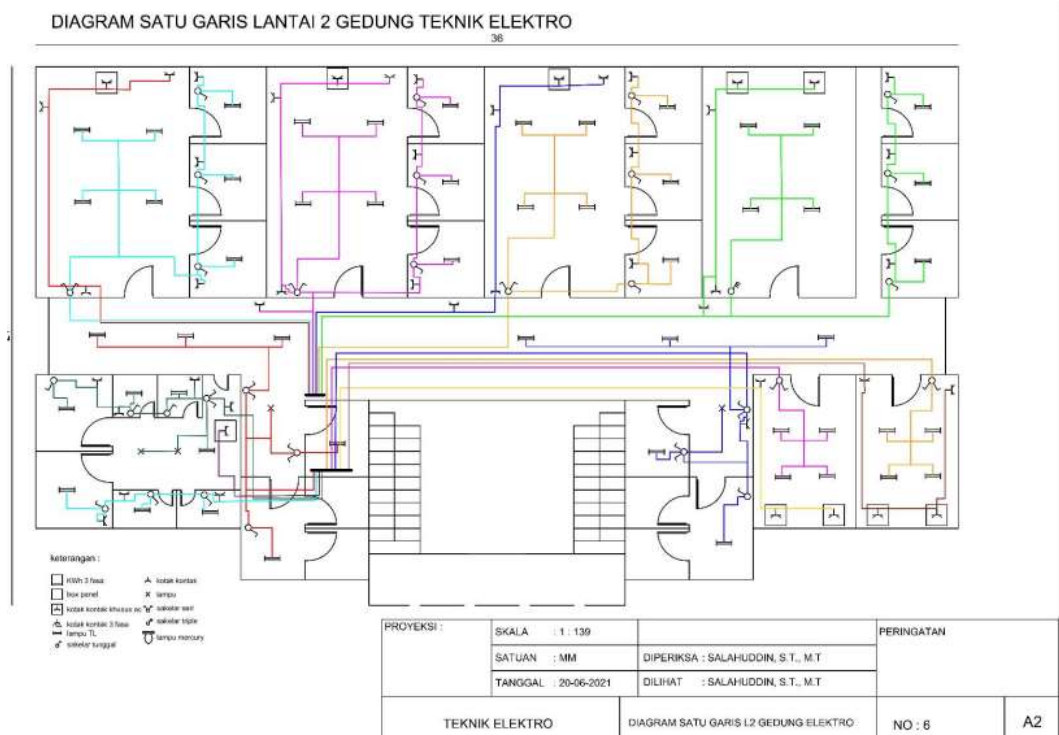


Gambar 3.2 Tampilan Gedung pada SLD AR05-Paloh SD

Pada SLD AR05-Paloh SD, Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh memiliki kode gardu yaitu MRS 131/200/3 dengan keterangan Lab. F Unimal. Sedangkan *one line diagram* pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.3 Tampilan diagram satu garis lantai satu



Gambar 3.4 Tampilan diagram satu garis lantai dua

3.2.2 Transformator Distribusi

Transformator distribusi yang menyuplai Gedung Teknik Elektro

Universitas Malikussaleh memiliki kode gardu MRS 131/200/3. Adapun data transformator dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Data transformator

Kode Gardu	MRS 131
Jenis Gardu	Tiang
Penyulang	AR 05
Daya KVA	200 KVA
Merek	STARLITE
Arus HV	5.8 A
Arus LV	289 A
Tegangan HV	20000 V
Tegangan LV	400 V
Kabel Induk	NYN
Out Going	4x70
Saluran JTR	NYN 4X95mm

3.2.3 Kabel

Kabel yang digunakan pada Gedung Teknik Elektro Universitas Malikussaleh dibagi berdasarkan panel pada tiap lantai serta kabel yang digunakan berjenis NYA. Adapun data kabel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Data Kabel

Lantai	Kode	Jenis Penghantar	Isolator	Luas Penampang (mm ²)	Tahanan (Ω /km)	Panjang (m)
I	PAR	Tembaga	PVC	2.5	0.73	72
	PAS	Tembaga	PVC	2.5	0.73	162
	PAT	Tembaga	PVC	2.5	0.73	120
	PBR	Tembaga	PVC	2.5	0.73	48
	PBT	Tembaga	PVC	2.5	0.73	72
	PBS	Tembaga	PVC	2.5	0.73	192
II	PCR	Tembaga	PVC	2.5	0.73	72
	PCS	Tembaga	PVC	2.5	0.73	162
	PCT	Tembaga	PVC	2.5	0.73	120
	PDR	Tembaga	PVC	2.5	0.73	48
	PDS	Tembaga	PVC	2.5	0.73	72

	PDT	Tembaga	PVC	2.5	0.73	192
--	-----	---------	-----	-----	------	-----

3.2.4 Data Pengukuran

Data pengukuran yang dilakukan pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh terdiri dari data pengukuran tegangan, arus, daya, dan faktor daya. Pengukuran dilakukan pada 2 panel di lantai I dan 2 panel di lantai 2 seperti yang terlihat pada Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Data pengukuran

Lantai	Kode	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Daya
I	PAR	217	1.8	0.87
	PAS	215.4	9.75	0.84
	PAT	214.5	2.72	0.76
	PBR	235.6	1.3	0.84
	PBT	234.2	0.78	0.78
	PBS	231.8	0.56	0.84

Tabel 3.3 Data pengukuran (lanjutan)

Lantai	Kode	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Daya
II	PCR	233.5	1.7	0.73
	PCS	238.5	1.13	0.78
	PCT	237.7	2.01	0.84
	PDR	235.6	0.91	0.82
	PDS	234.2	0.52	0.84
	PDT	231.8	2.42	0.78

Data pengukuran yang terdapat pada gardu portal trafo Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.4 Data pengukuran trafo

Waktu		Tegangan (V)			Arus (A)			PF
Tanggal	Jam	VR	VS	VT	IR	IS	IT	
10/10/23	13:17	235.8	238.8	238.5	0.984	0.602	0.964	0.89
10/10/23	4:48	242.5	244.3	245.6	0.156	0.203	0.109	0.912
10/09/23	13:17	232.8	237.3	234.1	0.861	0.412	1.088	0.909
10/09/23	1:16	240.3	242.9	243.3	0.147	0.026	0.089	0.931

10/08/23	13:16	241.7	244.9	243.6	0.158	0.027	0.058	0.934
10/08/23	1:16	238.5	242.6	240.5	0.148	0.028	0.089	0.94
10/07/23	13:16	239.9	242.8	241.2	0.155	0.027	0.06	0.933
10/07/23	1:52	240.5	242.6	243.3	0.147	0.032	0.083	0.91
10/06/23	13:16	236.1	239.6	237.7	0.806	0.501	0.985	0.878
10/06/23	2:13	239	242	242	0.155	0.031	0.125	0.897
10/05/23	4:04	240.8	242.9	243.1	0.01	0.026	0.128	0.907
10/04/23	1:16	235.7	237.5	238.8	0.091	0.186	0.092	0.836
10/03/23	2:08	239.6	242.4	241.8	0.109	0.102	0.091	0.757
10/02/23	14:04	232.6	236.7	233.8	0.617	0.486	0.973	0.934
10/02/23	13:12	234.5	238.4	235.7	0.559	0.422	0.941	0.918
10/02/23	2:04	238.6	240.8	241.2	0.006	0.026	0.174	0.779
10/02/23	1:13	240.2	242.5	242.5	0.006	0.026	0.179	0.79
10/01/23	3:06	241.1	243	243.8	0.007	0.025	0.179	0.768

3.3 Analisis Data

Data yang didapatkan dari lapangan merupakan bahan mentah yang akan sebelum dilakukan simulasi, data tersebut masih melalui tahap perhitungan untuk mendapatkan parameter yang sesuai dengan aplikasi ETAP 12.6. Untuk lebih jelas peneliti telah memuat tahap analisis data kedalam diagram alir yang dapat dilihat pada uraian dibawah.

- a. Pemodelan *single line diagram*, yaitu pemodelan yang dilakukan pada *one line diagram*.
- b. Input data, yaitu memasukkan data yang telah dikumpulkan pada parameter yang dibutuhkan pada model *single line diagram* ETAP.
- c. Melakukan simulasi pada ETAP, yaitu menjalankan simulasi *load flow* pada ETAP dan memilih metode Newton Raphson. Apabila hasil simulasi didapatkan *drop voltage* pada *Alert views* ETAP maka dilakukan perbaikan daya dengan menambahkan bank kapasitor. Penambahan bank kapasitor dilakukan dengan cara memperbaiki nilai faktor daya.
- d. Analisa dan pembahasan, yaitu memecahkan permasalahan yang didapatkan pada hasil simulasi yang dimulai dari perbaikan hingga aliran daya kembali normal.

- e. Penarikan kesimpulan, yaitu menarik intisari dari penelitian menjadi kesimpulan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem Kelistrikan Gedung Teknik Elektro

Sistem kelistrikan yang terdapat pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh disuplai dari Gardu Potal dengan kode MRS 131. Beban konsumtif yang terdapat pada gedung ini berupa lampu, pendingin ruangan, kipas, komputer, CCTV, dan kabel yang menghubungkan sistem listrik di gedung. Penggunaan lampu yang tidak tepat memiliki pengaruh besar terhadap suplai listrik salah satunya lampu TL yang terdapat pada gedung ini. Sehingga menyebabkan turunnya faktor daya pada saat jam-jam tertentu di gedung ini. Penurunan ini terjadi pada jam 1 sampai jam 3 dini pagi.

Permasalahan yang terjadi pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh saat ini adalah buruknya nilai faktor daya pada pembebanan malam hari sehingga berdampak pada membengkaknya biaya listrik yang harus dikeluarkan oleh pihak kampus karena tidak efisiennya penggunaan energi listrik pada saat sedang beroperasi. Permasalahan tersebut disebabkan karena sifat induktif lampu TL yang terpasang. Permasalahan tersebut apabila tidak segera diselesaikan maka akan menimbulkan permasalahan-permasalahan baru seperti dapat mempercepat usia pakai komponen pendukung lainnya dan juga menimbulkan kerugian pada pihak kampus akibat membengkaknya biaya tagihan listrik, maka dari itu harus segera dilakukan perbaikan dengan cara melakukan penambahan kapasitor.

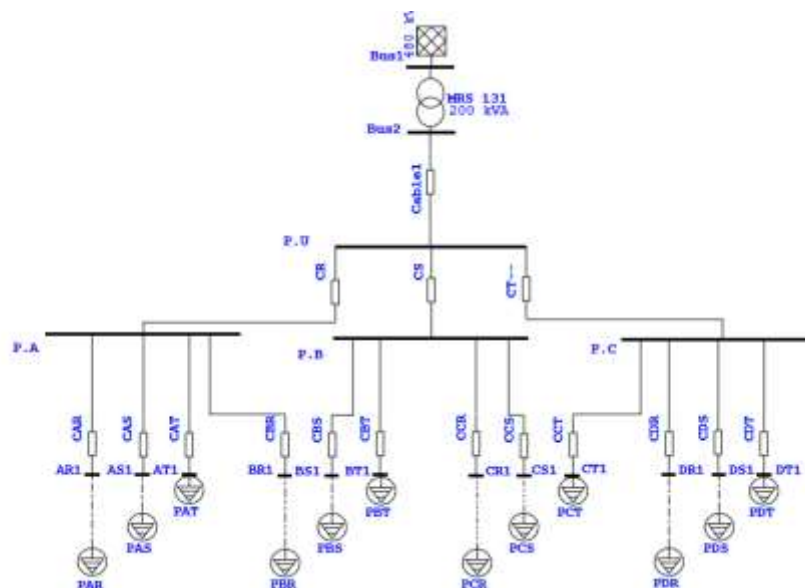
Penambahan kapasitor dilakukan karena dengan metode ini operasi dapat terus berjalan karena tidak membutuhkan waktu yang lama dan tidak memakan biaya yang besar. Penambahan kapasitor merupakan metode perbaikan yang cukup efisien karena tidak mengganggu proses operasi dan tidak menyebabkan kerugian pada pihak kampus. Proses perbaikan menggunakan metode penambahan kapasitor ini pastinya membutuhkan perhitungan agar dapat memperbaiki faktor daya

4.2 Faktor Daya Sebelum Perbaikan

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.

Data pengukuran pada gedung sebelum dilakukan perbaikan dapat dilihat adanya indikasi faktor daya yang berturun pada malam hari. Pada pengukuran trafo gardu portal, kondisi faktor daya pada saat pagi dini menurun sampai 0,75. Sehingga saat faktor daya sudah melewati ambang batas yang ditetapkan PLN.

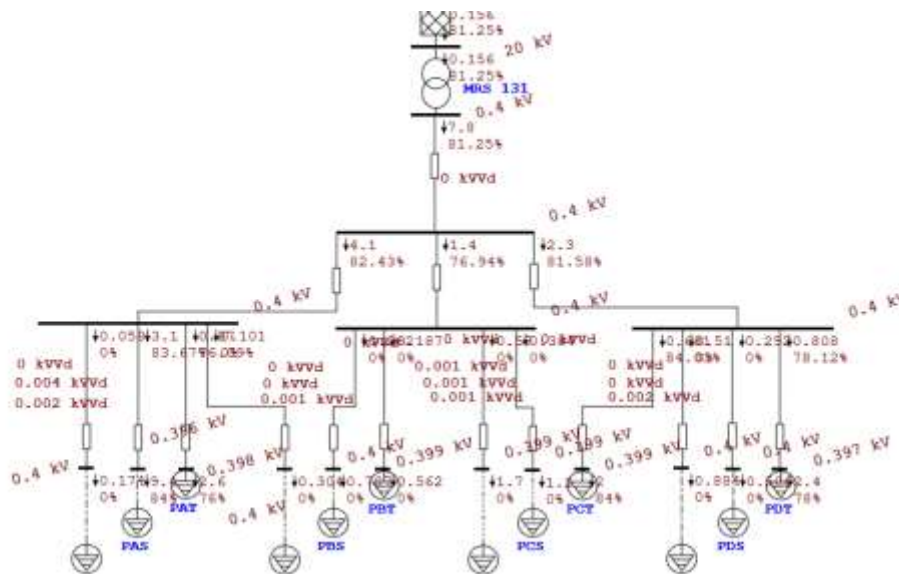
Dari data yang telah didapatkan juga, peneliti telah menuangkan data pada ETAP 16.0.0 untuk memudahkan dalam menganalisa efek yang terjadi saat faktor daya dibawah ambang batas seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Tampilan SLD gedung di ETAP

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas, dapat dilihat bahwasanya pembagian yang dilakukan pada SLD gedung terdiri dari 12 pembebanan. Hal ini disesuaikan dengan jumlah panel yang terdapat pada gedung serta disesuaikan dengan pembagian phasa yang disuplai oleh trafo distribusi. Adapun hasil simulasi aliran daya pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh dapat

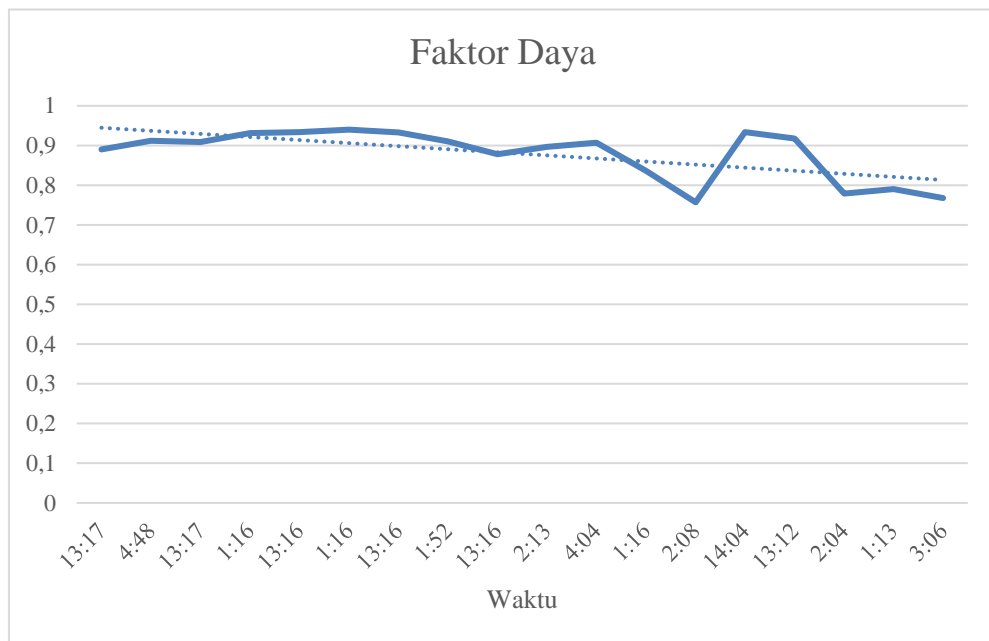
dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Tampilan saat simulasi dijalankan

Pada Gambar 4.2, terlihat bahwasanya tidak adanya indikasi *alert* pada SLD gedung. Kemudian nilai toleransi tegangan yang terdapat pada tiap bus juga masih berada dalam standar PLN. Berdasarkan Gambar 4.2 juga dapat dilihat bahwasanya tegangan yang jatuh pada tiap kabel tidak mencapai 5%. 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 PAS, dapat dilihat nilai persentasi faktor dayanya ialah 84% atau 0,84. Hal yang serupa terjadi pada beban PAT, PCT, dan PDT. Sehingga menyebabkan faktor daya yang menyuplai mengalami penurunan dan memiliki nilai 81,25 % atau 0,81. Untuk lebih jelas, perbandingan penurunan dari faktor daya dari komsumtif listrik Gedung Teknik Elektro Universitas Malikussaleh dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Perubahan faktor daya digedung

Pada Gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwasanya faktor daya yang terdapat pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Univesitas Malikussaleh mengalami penurunan pada saat jam-jam tertentu.

Data di atas di peroleh melalui hasil pengukuran yang di lakukan pada panel listrik Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh. Kemudian dari data yang telah di dapat akan dilakukan perhitungan terhadap daya nyata (S), daya aktif (P) dan juga daya reaktif (R) sebelum di lakukan perbaikan menggunakan persamaan (2.1), (2.3), dan (2.5) yang dilakukan pada 10/10/2023 13.17 :

Diketahui :

$$V = 237.7 \text{ Volt}$$

$$I = 0.85 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos phi} = 0.89$$

Ditanya : $P_1 = ?$

$$Q_1 = ?$$

$$S_1 = ?$$

Jawaban :

a. $P_1 = V \times I \times \cos \theta$

$$P_1 = 237.7 V \times 0.85 A \times 0.89$$

$$P_1 = 179.92 \text{ Watt}$$

b. $\cos \theta = 0.89$

$$\arccos \theta = 0.89$$

$$\theta = \angle 0.4734$$

$$\sin(0.4734) = 0.4559$$

c. $Q_1 = V \times I \times \sin \theta$

$$Q_1 = 237.7 V \times 0.85 A \times 0.4559$$

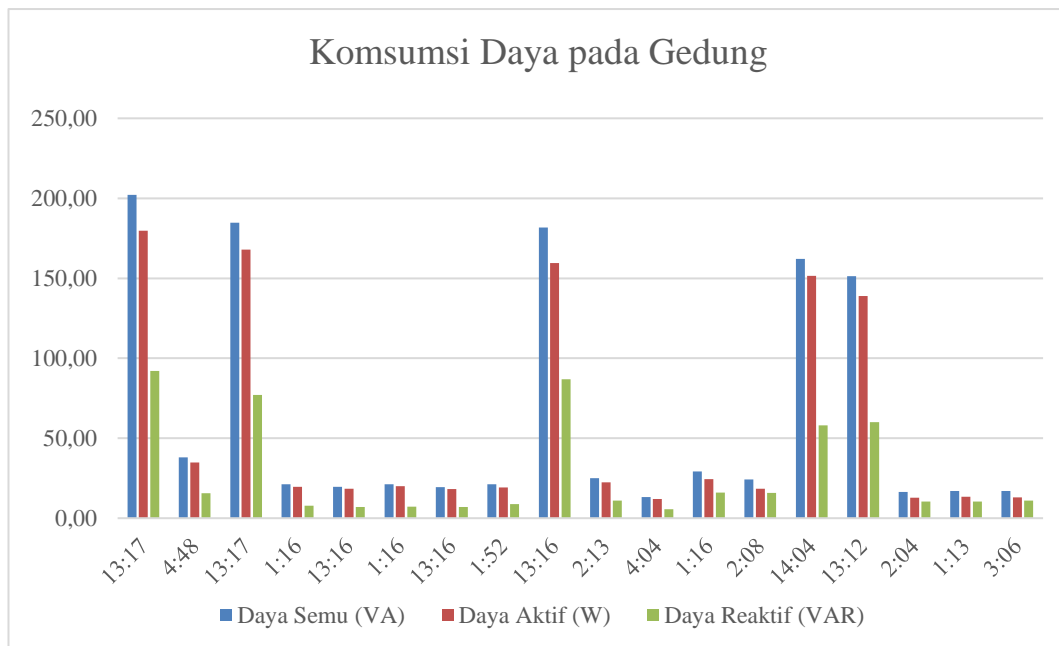
$$Q_1 = 92.12 \text{ VAR}$$

d. $S_1 = V \times I$

$$S_1 = 237.7 V \times 0.85 A$$

$$S_1 = 202.05 \text{ VA}$$

Adapun komsumtif daya pada gedung ini dapat dilihat pada Gambar 4.4



dibawah ini.

Gambar 4.4 Komsumsi daya pada gedung sebelum perbaikan

Pada Gambar 4.4 diatas dapat dilihat daya yang digunakan pada gedung yang bervariasi. Pada grafik diatas juga dapat dilihat daya reaktif yang terdapat

pada gedung ini juga sangat tinggi sehingga mengakibatkan turunnya kualitas daya listrik. Terlihat pada jam 13.17, daya reaktif yang terjadi sebesar 92,12 VAR. Selisih yang terjadi pada daya aktif dan reaktif berdasarkan standar PLN tidak boleh dibawah 0,85 dan untuk jelas dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Komsumsi daya listrik pada gedung sebelum perbaikan

Waktu	Daya Semu (VA)	Daya Aktif (W)	Daya Reaktif (VAR)	Selisih (%)
13:17	202.05	179.82	92.12	84.4695
4:48	38.08	34.73	15.62	55.023
13:17	184.74	167.92	77.00	54.1478
1:16	21.15	19.69	7.72	60.7928
13:16	19.72	18.41	7.04	61.7481
1:16	21.25	19.97	7.25	63.7048
13:16	19.46	18.16	7.00	61.428
1:52	21.15	19.24	8.77	54.4387
13:16	181.68	159.51	86.96	45.4828
2:13	24.98	22.41	11.04	50.7212
4:04	13.24	12.01	5.58	53.5688
1:16	29.19	24.40	16.02	34.3625
2:08	24.29	18.39	15.87	13.6836
14:04	162.18	151.48	57.94	61.7481
13:12	151.33	138.92	60.01	56.7995
2:04	16.49	12.85	10.34	19.5091
1:13	17.00	13.43	10.42	22.3915
3:06	17.07	13.11	10.93	16.6081

Pada tabel diatas dapat dilihat adanya indikasi perbandingan selisih daya yang memiliki tanda merah. Indikasi ini menunjukkan faktor daya yang tidak memenuhi standar pada gedung. Terlihat jelas ada 5 waktu yang mengalami indikasi tidak normalan. Salah satunya pada jam 1:16 pagi, dapat dilihat persentasi selisih sebesar 34,3625 %.

4.3 Faktor Daya Setelah Perbaikan

Perbaikan yang dilakukan dalam perencanaan ini ialah mengubah nilai faktor daya pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh.

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, daya reaktif serta arus pada panel setelah dilakukan perbaikan faktor daya sebesar 0,9. Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung daya reaktif (Q_2) dengan nilai faktor daya yang diinginkan menggunakan persamaan (), dimana :

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

Maka :

Diketahui :

$$V = 237.7 \text{ Volt}$$

$$I = 0.85 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos phi} = 0.9$$

$$P_1 = 12.85 \text{ Watt}$$

$$Q_1 = 10.34 \text{ VAR}$$

$$S_1 = 16.49 \text{ VA}$$

Ditanya : $Q_C = ?$

Jawaban :

$$a. S_2 = \frac{P_1}{\cos \theta}$$

$$S_2 = \frac{12.85 \text{ Watt}}{0.9}$$

$$S_2 = 14.28 \text{ VA}$$

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

$$Q_2 = \sqrt{(14.28)^2 - (12.85)^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{(203.81) - (165.09)}$$

$$Q_2 = \sqrt{38.72}$$

$$Q_2 = 6.22 \text{ VAR}$$

Setelah mendapatkan daya reaktif yang menggunakan faktor daya 0.9, maka

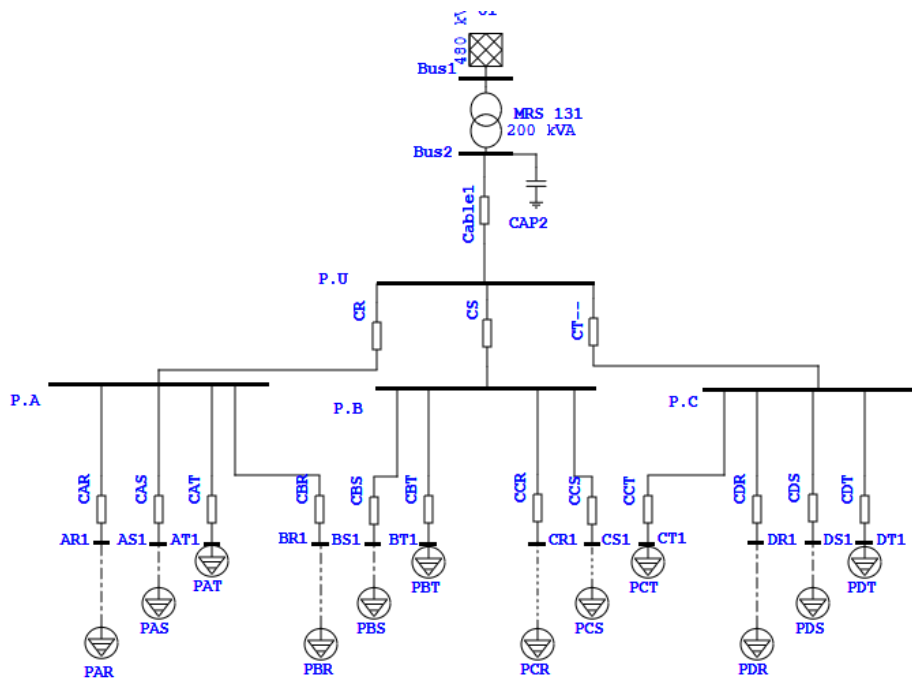
dilakukan dengan menentukan nilai kapasitor Bank. Penentuan kapasitor Bank ini dilakukan dengan menggunakan persamaan (), dimana :

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 10.93 \text{ VAR} - 6.22 \text{ VAR}$$

$$Q_c = 4.12 \text{ VAR}$$

Setelah mengetahui nilai kapasitor bank yang dibutuhkan pada sistem kelistrikan gedung, maka dilakukan dengan menambahkan kapasitor pada SLD gedung di ETAP. Adapun hasil penentuan kapasitor Bank pada keseluruhan panel dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 Tampilan SDL gedung setelah penambahan kapasitor Bank

Adapun hasil yang didapatkan setelah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Komsumsi daya listrik pada gedung setelah perbaikan

No.	Daya Aktif (W)	Daya Semu (VA)	Daya Reaktif (VAR)	QC (VAR)
1	179.82	199.80	87.09	5.03
2	34.73	38.59	16.82	-1.20
3	167.92	186.58	81.33	-4.33

4	19.69	21.88	9.54	-1.82
5	18.41	20.46	8.92	-1.87
6	19.97	22.19	9.67	-2.42
7	18.16	20.18	8.80	-1.79
8	19.24	21.38	9.32	-0.55
9	159.51	177.24	77.26	9.71
10	22.41	24.90	10.85	0.19
11	12.01	13.35	5.82	-0.24
12	24.40	27.12	11.82	4.20
13	18.39	20.43	8.90	6.97
14	151.48	168.31	73.36	-15.42
15	138.92	154.35	67.28	-7.27
16	12.85	14.28	6.22	4.12
17	13.43	14.92	6.51	3.92
18	13.11	14.56	6.35	4.58

Pada Tabel 4.5 diatas dapat dilihat bahwasanya adanya nilai minus pada Q_c atau kapasitor bank. Adanya nilai minus ini menandakan tidak perlunya dilakukan penambahan kapasitor bank. Berdasarkan tabel diatas juga, penambahan kapasitor tidak terlalu relevan dilakukan. Dari data diatas juga dapat dilihat, nilai daya reaktif terkecil terdapat pada poin 14, dimana nilainya -15,42 VAR. Sedangkan nilai terbesar pada poin ke-9 dengan daya reaktif sebesar 9,71 VAR.

Penggunaan kapasitor bank pada tegangan rendah (misalnya pada tegangan rumah tangga atau industri dengan tegangan rendah) mungkin kurang umum dibandingkan dengan penggunaannya pada tegangan tinggi atau menengah. Kapasitor bank biasanya lebih sering digunakan pada tegangan tinggi atau menengah untuk tujuan seperti kompensasi daya reaktif, perbaikan faktor daya, atau peningkatan efisiensi sistem listrik.

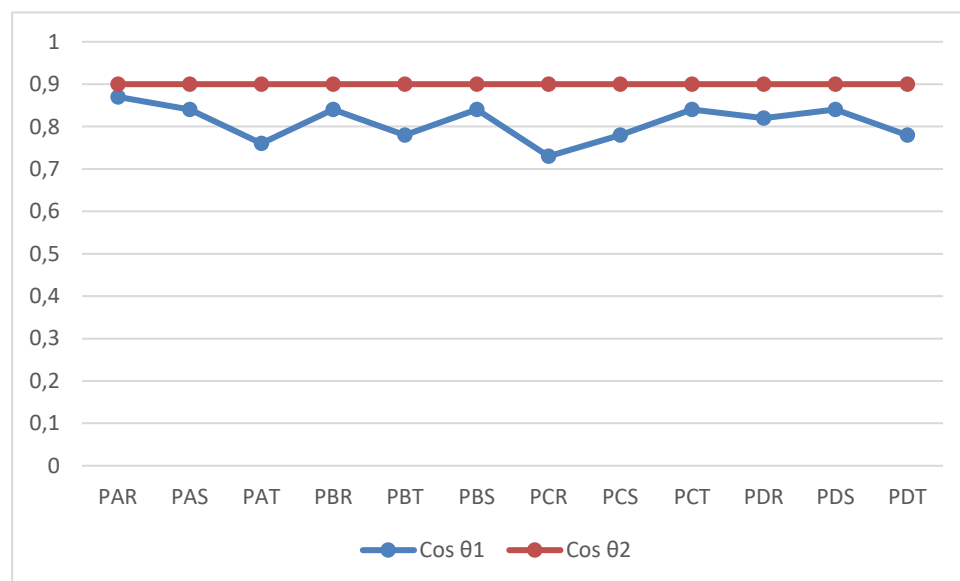
Adapun hasil perbaikan faktor daya yang telah dilakukan pada tiap panel dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.3 Komsumtif daya setelah perbaikan

Kode	θ_2	S_2 (VA)	Q_2 (VAR)	Q_c (VAR)	I_2 (A)
PAR	0.9	37.76	16.46	2.80	0.17
PAS	0.9	1960.14	854.41	285.11	9.10
PAT	0.9	492.68	214.76	164.44	2.30
PBR	0.9	65.97	28.75	9.60	0.28

PBT	0.9	20.30	8.85	5.81	0.09
PBS	0.9	64.90	28.29	9.44	0.28
PCR	0.9	321.97	140.34	130.95	1.38
PCS	0.9	233.57	101.81	66.84	0.98
PCT	0.9	445.86	194.35	64.85	1.88
PDR	0.9	195.34	85.15	37.57	0.83
PDS	0.9	113.67	49.55	16.53	0.49
PDT	0.9	486.16	211.91	139.12	2.10

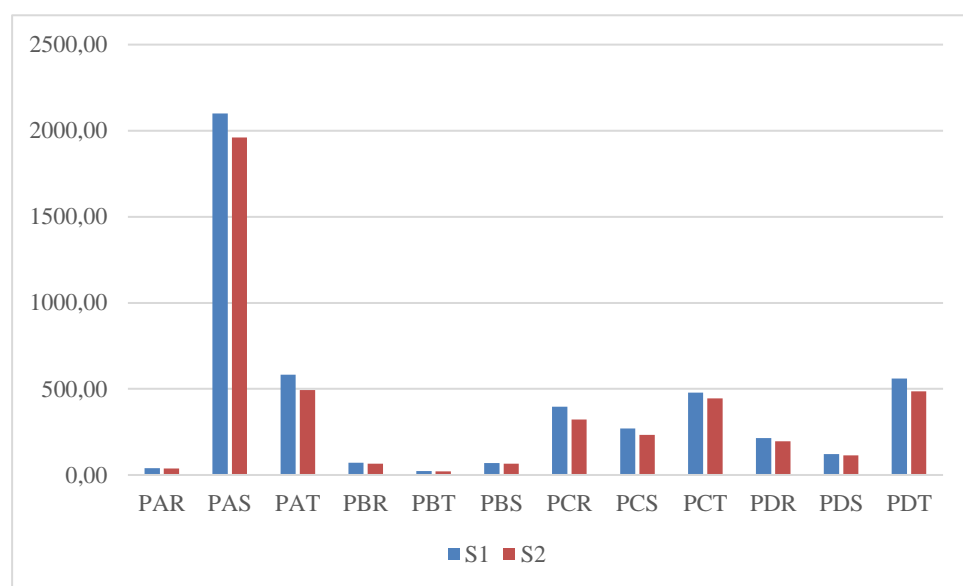
Berdasarkan Tabel 4.5 diatas, dapat dilihat penambahan kapasitor yang harus digunakan pada pembebanan tiap panel. Dari tabel diatas dapat dilihat perubahan nilai faktor daya terbesar berada di PCR dengan selisih 0,17. Penggunaan kapasitor bank yang harus digunakan pada transformator distribusi sejumlah kapasitor total pada pembebanan yaitu 933.05 VAR atau 1 kVAR.



Gambar 4.6 Perbandingan Faktor Daya sebelum dan sesudah

Pada Gambar 4.6 merupakan grafik yang digunakan untuk menunjukkan nilai faktor daya saat dilakukan perbaikan. Grafik diatas menunjukkan buruknya nilai cos phi pada panel sedang di gunakan. Nilai cos phi yang di tunjukkan pada grafik di atas dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan di karenakan tidak efisiennya penggunaan energi listrik dimana akan mengakibatkan membengkaknya biaya tagihan listrik yang harus di bayarkan oleh pihak kampus. Dari grafik juga terlihat nilai faktor daya yang diperbaiki bernilai 0,9.

Grafik 4.6 juga digunakan untuk menunjukkan data perbaikan faktor daya setelah di lakukan perbaikan dengan cara melakukan penambahan komponen kapasitor, Garis berwarna orange menunjukkan nilai $\cos \phi$ setelah dilakukan perbaikan dan garis biru menunjukkan nilai $\cos \phi$ sebelum dilakukan perbaikan terlihat kenaikan angka $\cos \phi$ yang sangat signifikan. Faktor daya yang meningkat ini pasti akan berpengaruh pada arus (Ampere), daya nyata (S), dan daya reaktif (Q) yang menurun.



Gambar 4.7 Perbandingan daya semu (S)

Pada Gambar 4.7 diatas untuk menunjukkan hasil perbandingan daya nyata (S) sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan. Terlihat daya nyata (S) yang terbaca pada KWH meter sebelum dilakukan perbaikan adalah 39.06 VA pada kode PAR. Kondisi tersebut pastinya akan mengakibatkan pembengkakan biaya listrik karena energi listrik terbuang sia-sia. Daya nyata (S) setelah dilakukannya perbaikan mengalami penurunan yang sangat signifikan yang semula 39.06 VA.

4.4 Proses Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan perencanaan penambahan kapasitor sebanyak 1 kVAR. Perbaikan ini dilakukan sesuai dengan kondisi yang ada pada lapangan, sehingga dapat menekan biaya

perbaikan. Akan tetapi dengan di lakukannya penambahan menggunakan kapasitor sangat bagus karena dapat memperbaiki faktor daya dari 0,7 menjadi 0,9. Perbaikan dengan melakukan penambahan kapasitor tersebut sudah membawa pengaruh yang cukup signifikan selain dapat menekan biaya tagihan listrik perbaikan ini juga berpengaruh cukup besar pada kualitas listrik yang di hasilkan, dimana yang dihasilkan ketika nilai power factor buruk kurang bagus sehingga mempercepat kerusakan pada komponen listrik didalam gedung. Perbaikan dengan menambahkan kapasitor yang tersedia sudah dapat memperbaiki permasalahan yang terjadi di Gedung Teknik Elektro Universitas Malikussaleh. Kendala yang terjadi pada saat di lakukannya perbaikan adalah tidak dapat mengukur daya nyata (S), daya aktif (P), dan daya reaktif (Q) dikarenakan kepala tang ampere yang tidak dapat mencakup dari keseluruhan kabel RST, sehingga untuk mengetahui nilai S, P, dan Q harus di lakukan perhitungan secara manual menggunakan rumus segitiga daya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini ialah sebagai berikut.

- a. Menganalisa faktor daya pada sistem kelistrikan Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh dilakukan dengan pengumpulan data dan menganalisa data. Pengumpulan data terdiri dari mengukur tegangan, arus dan faktor daya. Pada gedung tersebut didapatkan kurangnya nilai faktor daya sehingga dilakukan perbaikan faktor daya dengan menambahkan kapasitor bank. Dari pengukuran yang didapatkan nilai faktor daya pada gedung tersebut mengalami penurunan pada saat jam 2 pagi dini yang mencapai 0,7.
- b. Pada gedung tersebut didapatkan kurangnya nilai faktor daya sehingga dilakukan perbaikan faktor daya dengan menambahkan kapasitor bank. Cara memperbaiki faktor daya pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Universitas Malikussaleh ialah dengan penambahan kapasitor bank. Total kapasitor bank yang digunakan pada gedung ini sebesar 1 kVAR. Setelah dilakukan perbaikan, didapatkan nilai faktor daya yang sesuai dengan standar yaitu 0,9.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini ialah sebagai berikut.

- a. Melakukan maintenance secara berkala guna mengetahui kelayakan pakai sebuah komponen atau mesin pada perusahaan sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan sehingga dapat menunjang proses produksi.
- b. Melakukan penggantian komponen apabila telah mencapai batas usia pakai komponen agar tidak terjadi kerusakan yang berarti pada mesin produksi sehingga tidak menimbulkan kerugian pada perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. K. Tabarok, A. Saleh, dan B. S. Kaloko, “Optimasi Penempatan Distributed Generation (DG) dan Kapasitor pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Metode Genetic Algorithm (GA) (Studi Kasus pada Penyulang Watu Ulo Jember),” *Berk. Sainstek*, vol. 1, no. 1, hal. 35–40, 2017.
- [2] M. G. Agung Ayu Permata, A. Ibi Weking, dan W. Setiawan, “Optimasi Pemasangan Kapasitor Pada Sistem Jaringan Listrik Distribusi Di Bali Menggunakan Metode Quantum Genetic Algorithm,” *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 1, hal. 96, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i01.p14.
- [3] Y. T. Gita, A. S. Wiguna, dan W. Harianto, “Implementasi Iot Pada Penanganan Listrik Padam Menggunakan Mikrokontroler,” *RAINSTEK J. Terap. Sains Teknol.*, vol. 1, no. 2, hal. 1–7, 2019, doi: 10.21067/jtst.v1i2.3029.
- [4] S. Manahara, S. K. Putri, dan I. S. K. W, “Tantangan transisi energi terbarukan di Indonesia,” *J. Innov. Mater. Energy, Sustain. Eng.*, vol. 1, no. 1, hal. 78–90, 2023, doi: 10.61511/jimese.v1i1.2023.259.
- [5] A. Ar, “Analisis Kualitas Daya Listrik Pada Gedung Teknik Elektro Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang,” *Media Elektr.*, vol. 2018, no. 2005, hal. 77–78, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.unimus.ac.id/index.php/ME/article/view/482>
- [6] T. Yuwono, A. Prasetyo, dan I. Ansori, “Modifikasi Hibrid Sebagai Upaya Menopang Kemandirian Energi Listrik Skala Rumah Tangga,” *Simetris*, vol. 14, no. 1, hal. 28–33, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/simetris/article/view/89%0Ahttps://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/simetris/article/download/89/74>
- [7] A. Hasibuan, Ezwarsyah, dan I. K. Nasution, “PENENTUAN KAPASITAS KAPASITOR SHUNT DALAM PERBAIKAN COS Φ PADA GEDUNG WORKSHOP TEKNIK MESIN UNIMED DENGAN BEBAN YANG BERVARIAS,” *J. Electr. Syst. Control Eng. ; Univ.*

Malikussaleh, vol. 3, no. 2, hal. 94–107, 2020.

- [8] Y. Eseye dan Sigit Lesmana, “Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan,” *J. Sport. J. Penelit. Pembelajaran*, vol. 2, no. 6, hal. 24–29, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results%0Amuhammadkahfi16060474066@mhs.unesa.ac.id>
- [9] R. E. Hutabarat dan S. R. Slamet, “Wanprestasi Dalam Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik,” *Lex Jurnalica*, vol. 12, no. 1, hal. 32, 2015, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejurnal.esaunggul.ac.id/index.php/Lex/article/view/1343>
- [10] M. Ilham, “Analisa Perbaikan Faktor Daya Dengan Menggunakan Kapasitor Bank,” 2017.
- [11] H. A. A. Wicaksono, S. Handoko, dan A. A. Zahra, “Analisis Perbaikan Faktor Daya Dan Nilai Tegangan Di Poltekkes Semarang,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, hal. 327–334, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i2.327-334.
- [12] S. Sitio, N. S. Saragih, dan S. M. Siagian, “Studi Perancangan Perbaikan Faktor Daya Pada Gedung C Lantai 1 Politeknik Negeri Medan,” *Pros. Konf. Nas. ...*, no. 2010, hal. 777–785, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/view/957>
- [13] A. S. Efendy dan M. Munir, “Analisa Optimasi Faktor Daya Terhadap Penggunaan Kapasitor Bank Pada PT. Barindo Anggun Industri,” *Semin. Nas. Tek. Elektro*, hal. 245–251, 2022.
- [14] F. A. Noor, H. Ananta, dan S. Sunardiyo, “Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket,” *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, hal. 66–73, 2017.
- [15] I. H. M. Amir dan A. M. Somantri, “Analisis perbaikan faktor daya untuk memenuhi penambahan beban 300 kVA tanpa penambahan daya PLN,” *Sinusoida*, vol. 19, no. 1, hal. 36, 2017.
- [16] D. A. Basudewa, “Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA,” *J. Tek. Elektro*, vol. 09, no.

- 03, hal. 697–707, 2020.
- [17] Suseno Dan Dkk, “Faktor Daya Listrik,” *Erlangga*, hal. 5–21, 2019.
- [18] A. Rofii dan R. Ferdinand, “Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Dalam Upaya Perbaikan Faktor Daya,” *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, hal. 39–51, 2018.
- [19] O. Jamaaluddin, I. Anshory, I. Sulistiyowati, dan A. Ahfas, *BUKU AJAR PENGANTAR TEKNIK TENAGA LISTRIK Diterbitkan oleh UMSIDA PRESS*, 1 ed. Sioarjo: UMSIDA Press, 2022.
- [20] M. Nursamsi Adiwiranto dan C. Budi Waluyo, “Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Serta Estimasi Biaya Pada Peralatan Rumah Tangga Berbasis Internet of Things,” *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, hal. 13–22, 2021, doi: 10.33019/electron.v2i2.2.
- [21] S. Abdussamad, “Implementasi Pengukuran Beban Resistif Pada Lampu Pijar,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, hal. 83–86, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.12064.
- [22] D. Asmono dan Supriyanto, “Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung Menggunakan Kwh Meter Dan Kvarh Meter,” *J. TEDC*, vol. 8, no. 3, hal. 198–204, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal.poltektedc.ac.id/index.php/tedc/article/view/285>
- [23] Y. Apriani dan T. Barlian, “Inverter Berbasis Accumulator Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga,” *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 1, hal. 203, 2018, doi: 10.32502/jse.v3i1.1233.
- [24] S. Jamilah, I. Usrah, A. Chobir, T. Elektro, F. Teknik, dan U. Siliwangi, “Dari Lagging Menjadi Leading Di Favehotel,” vol. 04, no. 01, hal. 6–12, 2022.
- [25] D. Almanda dan 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, hal. 7, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.7-14.
- [26] K. Alland dan E. Arfah Z., “Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Line Mess I Di Pt. Bumi Lamongan Sejati

- (Wbl),” *J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, hal. 29–35, 2013.
- [27] S. Berto Agu, R. Gianto, dan Fitriah, “Evaluasi Perbaikan Losses dan Faktor Daya pada Jaringan Listrik PT Wilmar Cahaya Indonesia Tbk - Pontianak,” 2022.
- [28] D. Anis, S. Arda, N. Haq, dan R. Ilhami, “018.+Optimalisasi+Pelayanan+Pembuatan+Surat+Keterangan+Catatan+K epolisian+(SKCK)+Polda+Jawa+Barat,” vol. 6, no. 4, hal. 6736–6752, 2022.

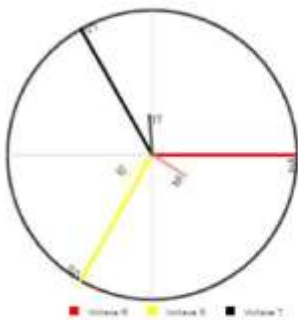
LAMPIRAN B

BEBAN PEMAKAIAN GEDUNG

LAPORAN DATA INSTANT

Sitar: 11220 - LHOKEUMAWA Meter No: ACH32092
 Location: 112200760155 - LABORATORIUM REKAYASA D Meter Brand / BrandType: ITRON / SL7000A

Read Date: 2023/10/10 13:17:19 Frequency: 49.77
 Insert Date: 2023/10/10 13:06:57



Item	Phase R	Phase S	Phase T	Total
Voltage (V)	236.0	236.0	236.5	
Voltage Angle	119.7	121	119.5	
Voltage Angle Conversion	0	240.3	119.5	
Current (A)	0.964	0.602	0.964	
Current Angle	31.7	15.8	25.5	
Current Angle Conversion	31.7	15.8	25.5	
Power Factor	0	0	0	0.89
Active Power (kW)	0	0	0	0
Active Power Dir				
Reactive Power (kVAR)	0	0	0	0
Reactive Power Dir				
Apparent Power (kVA)	0	0	0	0

Satuan	R	S	T	Keterangan radius = 175
Voltage	157.5	157.3	157.5	radius x 0.9
Current	43.2495	41.745375	43.17075	Jika current = 0, maka panjang garis yaitu 0 Jika current diantara 1 dan 20, maka panjang garis yaitu (radius x 0.25) + (radius x 0.5) x (current / 20) Jika current diatas 20, maka panjang garis yaitu radius x 0.75

Max Demand (kVA)

Item	Rate 1	Rate 2	Rate 3	Total
Max Demand (kVA)	6170.958	5728.762	5158.096	
Max Demand Time				

Exim Stand

Item	Rate 1	Rate 2	Rate 3	Total
Export kWh	13,251,213	1,478,743	0	14,729,956
Import kWh	0	0	0	0
Export kVAh	7,595,361	0	0	7,595,361
Import kVAh	48,149	0	0	48,149
Export kVAh	0	0	0	0
Import kVAh	0	0	0	0

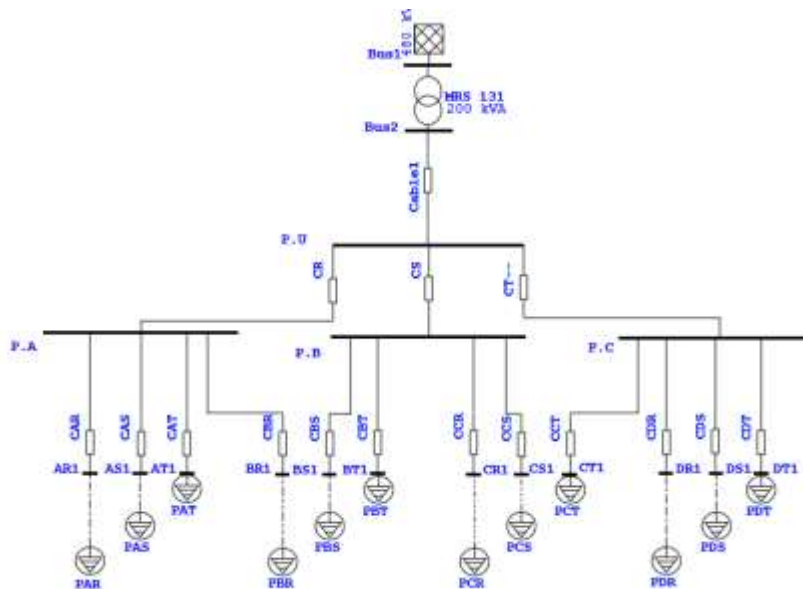
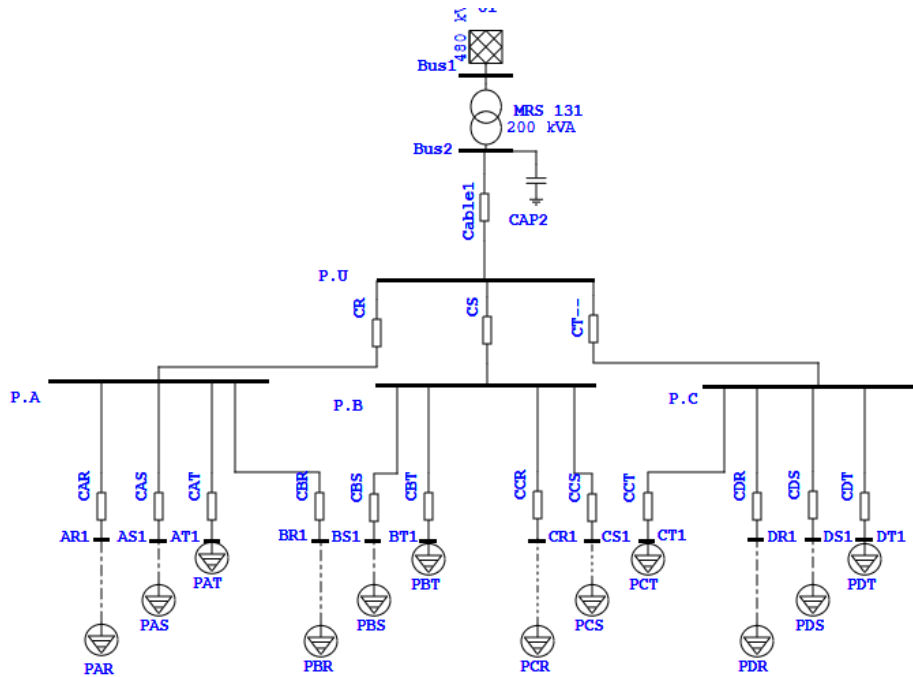
Absolute Stand

Item	Rate 1	Rate 2	Rate 3	Total
Abs Wh	0	0	0	0
Abs VAh	0	0	0	0
Abs VAh	0	0	0	0

Dicetak Oleh : fajar.s
 Tanggal Cetak : 10/10/2023 04:57:13 PM

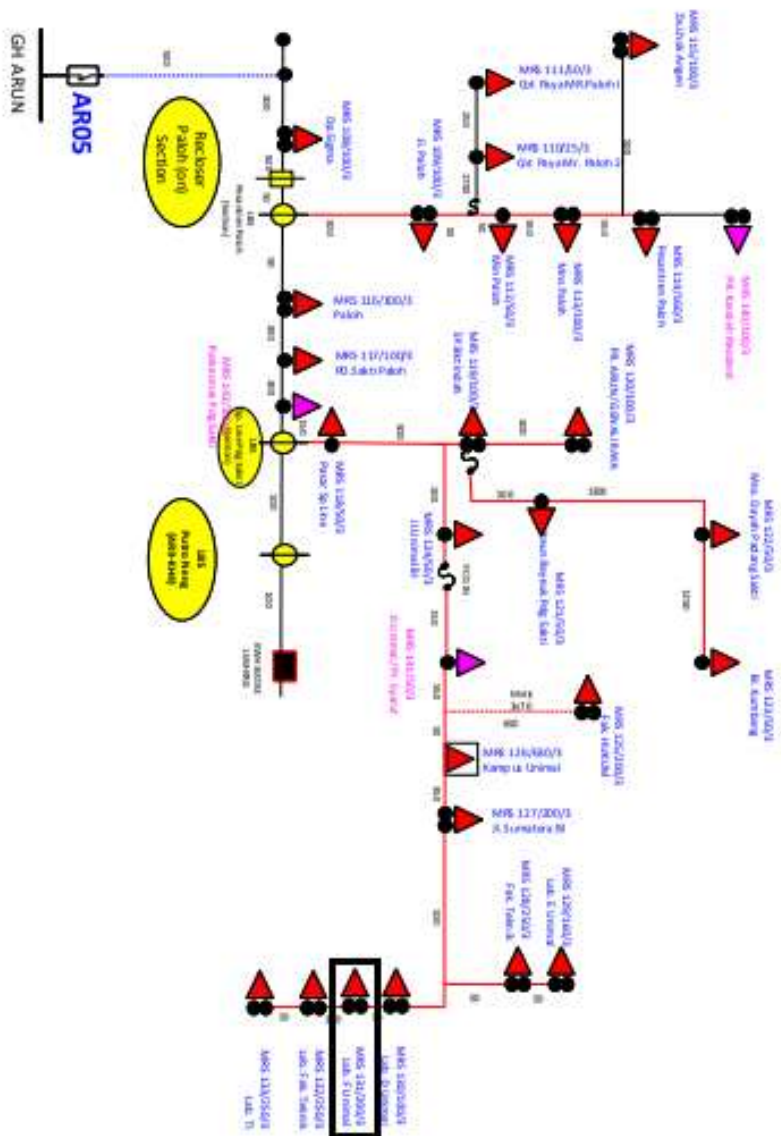
LAMPIRAN C

SLD ETAP



LAMPIRAN D

AR 05 - PALOH SD KAMPUS UNIMAL BUKIT INDAH



SLD AR-05

LAMPIRAN E

BIODATA

I. PERSONAL

Nama : Bayu Dwi Chayo
NIM : 190150027
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Alamat : JL. Pendidikan. Desa Tuntungan II
Kec.Pancur Batu,
Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara
No. HP : 082166625380
Email : bayu.190150027@mhs.unimal.ac.id



II. ORANG TUA

Nama Ayah : Purwanto
Pekerjaan : Wiraswasta
Umur : 56 Tahun
Alamat : JL. Pendidikan, Desa Tuntungan II Kec. Pancur Batu,
Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara

Nama Ibu : Eka Linny Suwarni
Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga
Umur : 51 Tahun
Alamat : JL. Pendidikan, Desa Tuntungan II Kec. Pancur Batu,
Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara

III. PENDIDIKAN FORMAL

Asal SMK (Tahun) : SMK N 1 Kutalimbaru(2016-2019)
Asal SLTP (Tahun) : SMP N 2 Pancur Batu(2013-2016)
Asal SD (Tahun) : SD N 101827 Pancur Batu(2007-2013)

IV. SOFTWARE KOMPUTER YANG DIKUASAI

Jenis Software : Microsoft Office
Tingkat Penguasaan : Intermediate
Jenis Software : ETAP
Tingkat Penguasaan : Basic