

TUGAS AKHIR

ANALISIS ALIRAN DAYA PADA JALUR KELISTRIKAN GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6

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

Disusun
Oleh:

RAHMAT PERMADI
1707220030



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Rahmat Permadi

NPM : 1707220030

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : ANALISIS ALIRAN DAYA PADA JALUR
KELISTRIKAN GEDUNG FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6

Penguji/Pembanding dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 - 10 2022

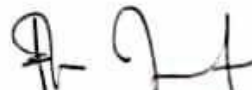
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Penguji I



(Ir. Abdul Aziz Hutasuhut, M.M.)

Dosen Penguji II



(Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd.)

Dosen Pembimbing



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



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan

dibawah ini Nama : Rahmat Permadi
NPM : 1707220030
Tempat/Tanggal Lahir : B.klipa / 07 januari 1997
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir sayayang berjudul :

ANALISIS ALIRAN DAYA PADA JALUR KELISTRIKAN GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6

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

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 Agustus 2022

Saya yang bertanda tangan



Rahmat Permadi

ABSTRAK

Studi analisis aliran daya dimaksudkan untuk memperoleh informasi mengenai aliran daya atau tegangan pada suatu jaringan sistem tenaga listrik. Manfaat dari analisis aliran daya listrik adalah untuk mengetahui kondisi keseluruhan dari suatu sistem tenaga listrik di gedung fakultas teknik. Perhitungan aliran daya saat ini telah banyak menggunakan aplikasi komputer, tujuannya untuk mempermudah dan mendapatkan hasil yang akurat. Dalam penelitian ini digunakan *Software* ETAP 12.6 yang menggunakan metode perhitungan Newton Raphson karena dianggap efektif dan menguntungkan untuk sistem tenaga listrik. Studi aliran daya merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, sudut fasa, daya aktif, daya semu, dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik jaringan listrik pada keadaan operasi normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi dimasa yang akan datang. Hasil dari perhitungan aliran daya menggunakan *Software* ETAP 12.6. Tegangan pada seluruh beban di gedung sebesar 400 V, daya nyata, daya semu dan daya reaktif sebesar 172,926 kW, 202 kVA, 106,741 kvar, dengan faktor daya sebesar 0,85. Dapat dilihat bahwa nilai dari seluruh beban apabila tegangan puncak masih dalam kategori aman akan tetapi apabila ingin menurunkan daya reaktif nya perlu menambahkan kapasitor sebesar 43,874 Kvar agar daya aktif, daya semu dan daya reaktif sebesar (P) 172,926 kW, (S) 184 kva, (Q) 62,867 Kvar dan faktor daya sebesar 0.94.

Kata kunci : Aliran Daya, Faktor daya, Newton Rhapson, *Software* Etap 12.6

ABSTRACT

The study of power flow analysis is intended to obtain information about the flow of power or voltage in an electric power system network. The benefit of electric power flow analysis is to find out the overall condition of an electric power system in the engineering faculty building. Current power flow calculations have used many computer applications, the aim is to simplify and get accurate results. In this research, ETAP 12.6 software is used which uses Newton Raphson calculation method because it is considered effective and profitable for electric power systems. The power flow study is the determination or calculation of the voltage, current, phase angle, active power, apparent power, and reactive power found at various points of the electrical network under normal operating conditions, both ongoing and expected to occur in the future. The results of the calculation of the power flow using ETAP 12.6 Software. The voltage on all loads in the building is 400 V, real power, apparent power and reactive power are 172,926 kW, 202 kVA, 106.741 kvar, with a power factor of 0.85. It can be seen that the value of the entire load if the peak voltage is still in the safe category, but if you want to reduce the reactive power it is necessary to add a capacitor of 43.874 Kvar so that the active power, apparent power and reactive power are (P) 172,926 kW, (S) 184 kva, (Q) 62.867 Kvar and a power factor of 0.94.

Keywords : Power Flow, Power factor, Newton Rhapsion, Software Etap 12.6

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih Maha Penyayang. Tidak ada kata yang lebih indah selain puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu, sehingga tiada sehelai daun pun yang jatuh tanpa izin-Nya. Alhamdulillah atas izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“Analisis Aliran Daya Pada Jalur Kelistrikan Gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Menggunakan *Software* ETAP 12.6”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan

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

1. Orang Tua Bapak Supardi dan Ibu Samila, yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan serta nasehat setiap harinya.
2. Bapak Prof.Dr.Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T, M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Ibu Elvy Sahnur Nasution., S.T, M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang

telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Seluruh Bapak/ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu ketekniklistrikan kepada penulis.
10. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2017.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, hal itu penulis sadari karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi orang lain pada umumnya.

Medan, 2 Maret 2022

Penulis

RAHMAT PERMADI

1707220030

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 Sistem Tenaga Listrik	5
2.3 Transformator	6
2.3.1 Efisiensi Transformator	6
2.3.2 Regulasi Tegangan	6
2.3.3 Belitan Transformator	7
2.3.4 Metode Transformator	7
2.4 Studi Aliran Daya	8
2.5 Konsep Aliran Daya	9
2.5.1 Daya Aktif	9
2.5.2 Daya Semu	9
2.5.3 Daya Reaktif	10
2.5.4 Kompensasi Daya Reaktif	10
2.5.5 Daya Listrik Pada Rangkaian Satu Fasa	12
2.5.6 Daya Listrik Pada Rangkaian 3 Fasa	13
2.6 Faktor Daya (Power Factor)	13
2.7 Kapasitor Bank	15
2.7.1 Prinsip Kerja Kapasitor	16
2.7.2 Proses Kerja Kapasitor	17
2.7.3 Metode Pemasangan Kapasitor Bank	17
2.8 Persamaan Aliran Daya	18
2.9 Metode Perhitungan Aliran Daya	19
2.10 Impedansi	23
2.11 Impedansi Saluran	24
2.12 ETAP Power Station 12.6	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Tempat Penelitian	25
3.2 Jadwal Penelitian	25
3.3 Peralatan Penelitian	25
3.4 Data Penelitian	25

3.5	Prosedur Penelitian	39
3.6	Langkah-Langkah Penelitian	40
3.7	Metode Analisis Data	41
3.8	Simulasi Aliran Daya ETAP	41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Analisa dan Hasil Penelitian	45
4.2	Faktor Daya	50
BAB V PENUTUP		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2.2 Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik.....	6
Gambar 2.3 <i>Single Line</i> Transformator Dua Belitan	7
Gambar 2.4 <i>Single Line</i> Transformator Tiga Belitan.....	8
Gambar 2.5 Segitiga Daya	9
Gambar 2.6 Metode Penempatan Kapasitor Bank	14
Gambar 2.7 Prinsip Perbaikan Faktor Daya.....	14
Gambar 2.8 Ilustrasi Metode Newton Raphson	22
Gambar 2.9 Gambar AC <i>toolbar</i> di ETAP.....	27
Gambar 2.10 Simbol Transformator 2 Kawat di ETAP.....	27
Gambar 2.11 Simbol Generator di ETAP	28
Gambar 2.12 Simbol beban statis dan dinamis di ETAP	28
Gambar 2.13 Simbol Pemutus Rangkaian ETAP	28
Gambar 2.14 Simbol Bus di ETAP	29
Gambar 2.15 <i>Toolbar load flow</i> di ETAP.....	29
Gambar 3.1 <i>Wiring</i> Diagram Gedung Teknik.....	37
Gambar 3.2 <i>Nameplate</i> Transformator	38
Gambar 3.3 <i>Nameplate</i> Generator.....	39
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.5 <i>Load flow analysis</i>	42
Gambar 3.6 Edit <i>study case</i>	42
Gambar 3.7 <i>Load flow study case</i> metode newton raphson	43
Gambar 3.8 Run <i>load flow</i>	43
Gambar 3.9 Jendela <i>Lumped Load Editor</i>	44
Gambar 4.1 <i>Wiring</i> setelah penambahan beban.....	45
Gambar 4.2 <i>Load flow analysis</i>	426
Gambar 4.3 Edit <i>study case</i>	426
Gambar 4.4 <i>Load flow study case</i> metode newton raphson	437
Gambar 4.5 Run <i>load flow</i>	437
Gambar 4.6 Hasil setelah di run <i>load flow</i>	48
Gambar 4.7 <i>Wiring</i> setelah penambahan kapasitor.....	53
Gambar 4.8. Hasil daya sebelum dan sesudah penambahan kapasitor	54
Gambar 4.9 Hasil perbandingan Sebelum dan sesudah	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daya Lantai 1	31
Tabel 3.2 Daya Lantai 2	32
Tabel 3.3 Daya Lantai 3	32
Tabel 3.4 Daya Lantai 4	33
Tabel 3.5 Daya Lantai 5	33
Tabel 3.6 Daya Lantai 6	34
Tabel 3.7 Daya Lantai 7	34
Tabel 3.8 Daya Lift	35
Tabel 3.9 Daya Pompa Dorong	35
Tabel 3.10 Penerangan Luar	36
Tabel 3.11 Daya Ruang Radio	36
Tabel 4.1 Hasil <i>Load Flow Analyzer</i>	48
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Dgedung G Teknik	49
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Sesudah Penambahan Kapasitor	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Studi aliran daya adalah studi yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya dan tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga listrik dan menganalisa kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisa ini memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat. Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik memerlukan representasi atau pemodelan komponen sistem tenaga listrik. (Yousif et al., 2018)

Analisis aliran daya merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui kondisi sistem dalam keadaan normal, sehingga sangat dibutuhkan dalam perencanaan sistem untuk masa yang akan datang dan merupakan bahan evaluasi terhadap sistem yang ada. (Salaman, 2013)

Untuk itu, perlu dilakukan studi analisis tenaga listrik aliran daya untuk memastikan perusahaan memiliki sistem tenaga listrik yang aman, efisien dan dapat diandalkan. Dalam melakukan studi analisis tenaga listrik ini sangatlah rumit jika dilakukan dengan sistem manual sehingga lebih mudah jika menggunakan komputer. *Software Electrical Transient Analysis Program (ETAP)* merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk keperluan simulasi suatu jaringan tenaga listrik. (Conference et al., n.d.)

Software ETAP Power Station 12.6 adalah sebuah *software* yang digunakan untuk keperluan simulasi suatu jaringan tenaga listrik. Salah satu kemampuan *software* ETAP adalah mensimulasikan studi aliran beban suatu jaringan listrik. Berdasarkan simulasi yang dilakukan pada *software* ETAP maka akan diketahui besarnya rugi-rugi daya dan kondisi profil tegangan pada sistem tenaga listrik. Salah satu manfaat dari analisis aliran beban yaitu dengan diketahuinya nilai tegangan, arus dan daya, maka dapat dilakukan sebuah analisis sistem tenaga listrik yang digunakan untuk meminimalkan rugi-rugi daya yang terjadi dan memperbaiki profil tegangan yang ada. (Kumolo, 2016)

Rugi-rugi daya dapat disebabkan oleh adanya *undervoltage* yang umumnya terjadi pada jaringan yang terlalu panjang dan saluran distribusi memiliki level tegangan menengah serta rendah sehingga untuk memperbaiki sistem tenaga listrik dapat dilakukan dari dua sisi, yaitu sisi pembangkit trafo atau pemasangan *capasitor bank*. (Wirandi & Justadi, 2020)

Pemasangan *capasitor bank* memperhatikan faktor daya atau $\cos \phi$ dimana faktor daya merupakan perbandingan antara besar daya aktif dan daya total reaktif suatu sistem. Umumnya sistem tenaga listrik beroperasi pada kondisi *lagging* dan dampak yang bisa dianalisis dari kondisi *lagging* dan dampak yang bisa dianalisis dari kondisi *lagging* adalah kebutuhan daya reaktif yang besar, sedangkan pada pembangkit memiliki daya reaktif yang terbatas. Kapasitor mempunyai sebuah karakteristik leading yaitu ($\cos \phi = 90^\circ$) sehingga dimungkinkan untuk digunakan dalam mengkompensasi suatu beban *lagging*. (Wirandi & Justadi, 2020)

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan diatas permasalahan yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana menentukan besar nilai aliran daya digedung fakultas teknik?
2. Bagaimana proses penggunaan kapasitor bank pada beban di *software* ETAP 12.6?

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian diantaranya :

1. Menganalisis konsumsi energi listrik yang dibutuhkan di gedung fakultas teknik menggunakan *software* ETAP 12.6
2. Menghitung kebutuhan kapasitor bank saat beban puncak

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui besar nilai aliran daya digedung fakultas teknik
2. Untuk mengetahui hasil dari penggunaan kapasitor bank di *software* ETAP 12.6

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi pihak Universitas, dapat mengetahui sistem kelistrikan di gedung teknik universitas muhammadiyah sumatera utara dengan penggunaan *software* ETAP 12.6 pada tugas akhir ini.
2. Bagi pihak Mahasiswa, dapat mengetahui parameter-parameter yang berhubungan pada sistem kelistrikan sampai ke beban

1.6. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan adalah :

1. Studi literatur
Mempelajari dan memahami buku-buku dan jurnal yang sudah ada sebelumnya untuk dijadikan sebagai acuan dan referensi guna membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Mengumpulkan data-data di digedung fakultas teknik dan data-data dari penelitian yang terkait untuk digunakan sebagai acuan untuk dijadikan penganalisaan pada aliran daya listrik.
3. Mendapatkan dan menganalisis besar tegangan pada gedung fakultas teknik, daya aktif dan daya reaktif pada saluran.

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disajikan dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan mengawali penulisan dengan menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas tentang representasi sistem tenaga listrik, dan *Software ETAP* yang digunakan untuk mensimulasikan aliran daya.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metodologi penelitian pengambilan data-data yang diperlukan untuk proses pengujian menggunakan *Software ETAP*.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Analisis aliran daya merupakan dasar untuk mempelajari sistem tenaga bahkan bentuk aliran daya merupakan inti dari analisis aliran daya, studi aliran daya sangat berharga untuk berbagai alasan, analisis aliran daya memainkan peran kunci dalam perencanaan penambahan atau ekspansi pada transmisi dan fasilitas pembangkit. Solusi dari aliran daya sering menjadi titik awal untuk banyak jenis analisa sistem tenaga, analisa aliran daya dan banyak perluasannya merupakan unsur penting dari studi yang dilakukan dalam operasi sistem tenaga listrik. Beberapa penelitian tentang Analisis aliran daya yang dilakukan yaitu :

Antonius Ibi Wiking (2012), melakukan penelitian tentang pengembangan analisis aliran daya dengan memperhitungkan kualitas energi listrik yang menunjukkan bahwa penurunan tegangan pada sumber ternyata menimbulkan kerugian total daya yang cukup besar, hal ini terjadi karena dengan menurunnya tegangan sumber maka menurun pula tegangan beban yang menyebabkan timbul arus yang besar.

Punki priambono (2013), melakukan penelitian tentang analisis aliran daya tiga fasa tidak seimbang menggunakan metode K-matrik pada sistem distribusi 20 kV kota Surabaya hasil validasi metode analisis aliran daya menggunakan metode yang diusulkan dengan hasil analisis aliran daya menggunakan *software* ETAP untuk 5 penyulang memiliki besar mismatch paling kecil paling kecil 0.0209 %. Sedangkan untuk semua penyulang memiliki besar mismatch sebesar 0.0991%.

Rudi Salman, Mustamam, Arwandi Sinuraya (2012), melukan penelitian tentang simulasi dan analisis aliran daya pada sistem tenaga listrik menggunakan perangkat lunak *electrical transient analisis* (ETAP) versi 4.0. Daya aktif terbesar mengalir dari Bus Tebing Tinggi ke Bus Sai Rotan sebesar 133.04 MW, dan daya reaktif terbesar mengalir dari Bus Belawan ke Bus Sai Rotan sebesar 66.80 MVar.

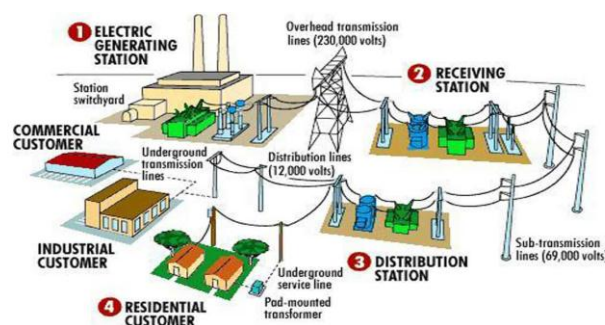
Wiwik handajadi (2014), melakukan penelitian tentang analisa perbaikan tegangan pada subsistem dengan pemasangan kapasitor bank dengan etap versi 7.0, penelitian dilakukan pada jaringan transmisi 150 kV wilayah sub sistem

padan, dari hasil simulasi menggunakan etap versi 7.0 rugi-rugi daya nyata sebelum pemasangan kapasitor bank pada transmisi 150 kV di wilayah subsistem padan menunjukkan nilai yang cukup tinggi yakni 16.34 MW, setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank maka terjadi pengurangan rugi-rugi daya nyata menjadi 13.42 MW.

Adip Gustian Nigara (2015) Analisis aliran daya sistem tenaga listrik pada bagian texturizing di PT. ASIA PASIFIC FIBERS TBK KENDAL menggunakan *software ETAP power station 4.0*. Mengatakan bahwa kondisi kelistrikan secara keseluruhan sudah baik dan sesuai persyaratan dengan klasifikasi total daya aktif sebesar 6230 kW daya reaktif sebesar 345 kVar dan daya semu sebesar 6240 kVA, sementara rugi-rugi untuk daya aktif adalah sebesar 18 kW, dan untuk daya reaktif sebesar 217 kVar.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

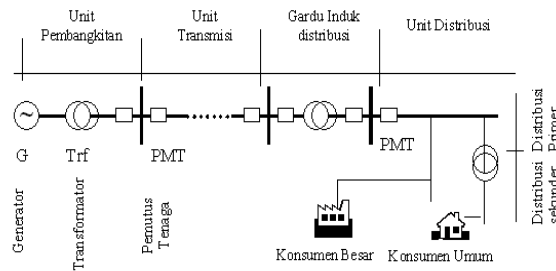
Sistem tenaga listrik merupakan suatu kesatuan yang terintegrasi mulai dari unit pembangkit listrik, unit transmisi listrik, sampai unit distribusi listrik dalam upaya menyalurkan listrik dari produsen kepada konsumen dengan dilengkapi sistem proteksi pada kesatuan tersebut. Menurut PT. PLN (Persero) (2010b : 2), ada tiga bagian penting dalam proses penyaluran tenaga listrik, yaitu Pembangkitan, Penyaluran (Transmisi), dan Distribusi. Secara umum skema sistem tenaga listrik ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Komponen dasar yang membentuk suatu sistem tenaga listrik adalah generator, transformator, saluran transmisi dan beban. Untuk keperluan analisis sistem tenaga, diperlukan suatu diagram yang dapat mewakili setiap komponen

sistem tenaga listrik tersebut. Diagram yang sering digunakan adalah diagram satu garis dan diagram impedansi atau diagram reaktansi.(Pramono et al., n.d.)



Gambar 2.2 Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik

2.3 Transformator

Dalam segi sistem kelistrikan mulai dari pembangkit, transmisi, distribusi dan konsumsi, transformator memegang peranan penting sebagai penyalur daya dengan cara mengubah besaran tegangan.(Mukti, n.d.)

Kinerja operasi transformator ini dapat dilihat dari efisiensi, regulasi tegangan dan aliran arus beban dari transformator tersebut. Serta bagaimana transformator tetap dapat beroperasi dalam sistem keadaan normal maupun keadaan darurat

2.3.1 Efisiensi Transformator

Efisiensi suatu transformator berbeban pada faktor daya tertentu sama dengan daya keluar dibagi daya masuk, dimana kedua satuannya diukur dalam unit yang sama (watt atau kilowatt). Cara yang lebih baik adalah dengan cara menentukan rugi-rugi dan kemudian menentukan efisiensinya:

$$\eta = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya masuk}} = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya masuk} + \sum \text{rugi}} = 1 - \frac{\sum \text{rugi}}{\text{daya masuk}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Dengan } \sum \text{rugi} = P_{cu} + P_i$$

2.3.2 Regulasi Tegangan

Pengaturan tegangan (regulasi tegangan) suatu transformator adalah perubahan tegangan sekunder antara beban nol dan beban penuh pada suatu faktor kerja tertentu, dengan tegangan primer konstan.

$$\text{Regulasi} = \frac{V_{\text{skunder}}(\text{nol load}) - V_{\text{skunder}}(\text{full load})}{V_{\text{skunder}}(\text{full load})} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

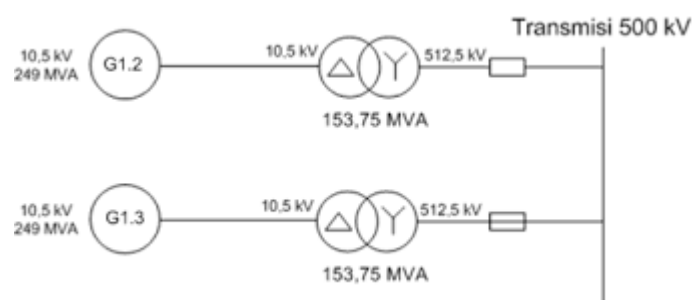
2.3.3 Belitan Transformator

Kumparan berfungsi untuk mentransformasikan besaran-besaran ukur tegangan listrik dari tingkat satu ke tingkat yang lain. Kumparan tersebut diisolasi terhadap inti maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain.

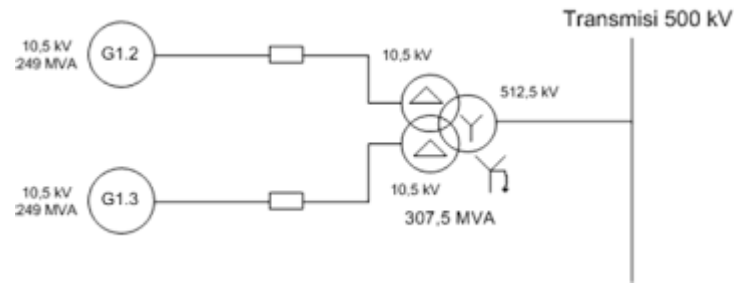
Pada transformator dua belitan terdapat kumparan *primer* dan *skunder*. Bila kumparan *primer* dihubungkan dengan tegangan atau arus bolak-balik maka kumparan tersebut timbul fluktuasi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian *skunder* ditutup maka akan mengalir arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus. (Sentosa Setiadji et al., 2008)

Pada transformator tiga belitan memiliki tiga belitan dimana terdiri dari dua buah belitan LV dan satu buah belitan HV. Transformator ini menggunakan tipe inti (*core type*), untuk mengurangi fluks bocor pada transformator. Keuntungan lain adalah mempunyai volume inti yang lebih kecil, sehingga diperoleh rugi besi yang lebih kecil dan konstruksi dari inti lebih sederhana.

2.3.4 Metode Transformator



Gambar 2.3 Single line Transformator Dua belitan



Gambar 2.4 *Single line* Transformator Tiga belitan

Transformator dua belitan hanya memiliki satu belitan pada sisi *incoming*/belitan LV terdapat 3 buah masukan yang terdiri dari fasa R, S, dan T. Satu *incoming* tersebut hanya dapat disuplai dengan satu generator.

Transformator tiga belitan ini memiliki dua belitan pada sisi *incoming*/belitan LV terdapat 6 buah masukan yang terdiri dari dua buah fasa untuk masing-masing R, S dan T. Dua *incoming* tersebut masing-masing dapat disuplai dengan dua generator yang berbeda, tetapi hanya buah keluaran R, S dan T.

2.4 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya merupakan sebuah analisa yang berguna untuk mengetahui tegangan, arus, dan daya yang mengalir pada sistem kelistrikan. Studi aliran daya juga dapat berguna untuk mengetahui bagaimana peran peralatan kelistrikan berfungsi dan memenuhi batas yang ditentukan untuk menyalurkan daya yang diinginkan. Metode yang sering digunakan dalam penyelesaian studi aliran daya adalah metode Gauss-Seidel dan Newton Rapshon. Untuk mendapatkan nilai konvergen dan iterasi yang sedikit maka metode yang dapat digunakan adalah Newton Rapshon. Aliran beban bisa diartikan juga sebagai aliran daya, dimana beban dapat dikategorikan menjadi dua yaitu beban statis dan dinamis. Pada bus sistem terdapat empat parameter besaran yaitu, daya aktif, semu, tegangan, dan sudut fasa, sehingga untuk menganalisa aliran daya perlu menghitung nilai tegangan pada bus dan aliran daya di tiap saluran. (Wirandi & Justiad, 2020)

Untuk menentukan aliran daya pada impedansi saluran i-j dapat ditunjukkan pada persamaan.

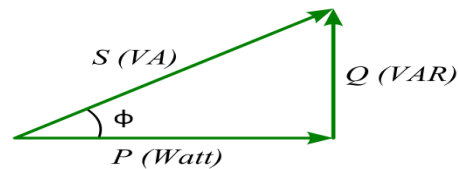
$$S_{ij} = V_i T_{ij}^* \dots \dots \dots (3)$$

Atau dapat juga ditulis dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_{ij} = V_i [V_i Z_{ij} - V_j] \dots \dots \dots (4)$$

2.5 Konsep Dasar Aliran Daya

Dalam persamaan maupun perhitungan daya, hal pokok yang harus dipahami adalah dengan memahami konsep segitiga daya. Ilustrasi konsep segitiga daya ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Segitiga Daya

Keterangan : P = Daya Aktif (watt)

Q = Daya Reaktif (VAR)

S = Daya Semu (VA)

Cos ϕ = Faktor Daya

Dalam sistem tenaga listrik dikenal tiga jenis daya, yaitu daya aktif atau *real power* (P), daya reaktif atau *reactive power* (Q), dan daya nyata atau *apparent power* (S).

2.5.1 Daya Aktif

Dengan daya aktif bersumber dari trafo dan ganset terdapat pada persamaan 2.23 sebagai berikut : (Kho Dickson. 2016. "Pengertian Daya Listrik Rumus dan cara Menghitung". Teknik Elektronika)

$P = S \times \text{Cos } \phi$ atau *Line to netral* / 1 phasa

$P = V \times I \times \text{Cos } \dots\dots\dots(5)$

Keterangan : P = daya nyata (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

Cos ϕ = faktor daya

2.5.2 Daya Semu

Daya semu untuk sistem fasa tunggal, sirkit dua kawat adalah hasil perkalian sakelar arus efektif dan beda tegangan efektif. Jadi daya semu S

dinyatakan oleh sebagai berikut : (Ir. Hasan Basri; 1997,8)

$$\text{Daya Semu} = \frac{\text{Daya Aktif}}{\cos \varphi} \text{ atau } \text{Line to netral / 1 phasa } S = V \times I \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan : S = daya semu (VA)

V = tegangan (Volt)

I = arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

2.5.3 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang diperlukan oleh rangkaian megnetisasi untuk suatu peralatan listrik, Terdapat pada persamaan sebagai berikut : (Kho Dickson. 2016. “Pengertian Daya Listrik Rumus dan cara Menghitung”. Teknik Elektronika).

$$\text{Line to netral / 1 phasa } Q = V \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Line to line / 3 phasa } Q = 3 \times V \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan : Q = daya reaktif (VAR)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

$\sin \varphi$ = faktor daya

Konsep dasar aliran daya listrik sangat penting untuk membantu perhitungan dalam analisis aliran daya listrik. Dalam suatu analisis sistem tenaga listrik khususnya pada analisis aliran daya selalu mengacu pada konsep-konsep dasar aliran daya sebagai berikut :

2.5.4 Kompensasi Daya Reaktif

Aliran daya aktif dan daya reaktif pada jaringan transmisi tenaga listrik tidak berkaitan secara langsung satu dengan yang lain karena masing – masing dipengaruhi dan diatur oleh besaran yang berbeda. Walaupun pengaruh kompensasi seri akan meningkatkan keduanya. Pengaturan daya aktif amat erat hubungannya dengan pengaturan frekuensi, dan daya reaktif dapat diatur melalui pengaturan tegangan. Frekuensi dan tegangan adalah besaran yang penting dalam penentuan kualitas catu daya dalam sistem tenaga, sehingga pengaturan daya aktif dan daya reaktif menjadi penting untuk menunjukkan penampilan sistem tenaga listrik. Tegangan dan frekuensi pada setiap titik beban diharapkan konstan dan bebas dari harmonik serta besar faktor daya satu. Kemampuan sistem tenaga

untuk mendekati kondisi ideal diatas merupakan ukuran kualitas suatu pengiriman daya.(Dani & Hasanuddin, 2018)

Agar efisiensi dan kemampuan operasi sistem tenaga meningkat, pengaturan tegangan dan daya reaktif harus memenuhi sasaran sebagai berikut :

1. Tegangan yang dipakai pada terminal – terminal peralatan dalam sistem tersebut harus dalam batas yang diizinkan. Jika menggunakan tegangan diluar batas kemampuan, akan mengakibatkan efek yang buruk bagi suatu peralatan.
2. Meningkatkan stabilitas sistem sampai mendekati nilai maksimalnya agar dicapai suatu keadaan yang mendekati ideal.
3. Mengurangi susut energi $I^2 \times \text{sal}$ untuk memaksimalkan penyaluran energi pada Saluran Transmisi Tenaga Listrik (STTL).

Karena daya reaktif tidak dapat ditransmisikan dalam jarak yang jauh, maka diperlukan peralatan tambahan untuk mengatasinya. Berkaitan dengan hal tersebut, selanjutnya akan dibicarakan mengenai teori kompensasi secara singkat dibawah ini.

Kompensasi artinya proses penggantian kerugian atau cara untuk mengganti kerugian. Secara sederhana bisa juga diartikan sebagai proses pengimbangan. Kompensasi pada Saluran Transmisi Tenaga Listrik (STTL) pada dasarnya adalah memasukkan atau menyisipkan dengan sengaja peralatan penghasil/penyerap daya reaktif pada sistem tenaga listrik. STTL aliran atas atau aliran udara memerlukan peralatan kompensasi. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan penampilan saluran, antara lain menstabilkan tegangan kerja antara sisi kirim dan sisi terima, memperkecil panjang elektrik saluran sehingga menaikkan hantaran dayanya. Peralatan-peralatan kompensasi pada saluran transmisi antara lain reaktor shunt, kapasitor shunt, kapasitor seri, atau penggabungan diantaranya. Kompensasi reaktor shunt biasanya digunakan pada saluran transmisi jarak menengah (80 – 250 km), kompensasi dengan kapasitor seri atau kombinasi reaktor shunt dengan kapasitor seri digunakan pada saluran transmisi jarak jauh (> 250 km).(Siregar & Zakri, 2021)

2.5.5 Daya Listrik Pada Rangkaian Satu Fasa

Daya yang diserap oleh suatu beban pada setiap saat sama dengan jatuh tegangan (*voltage drop*) pada beban tersebut dalam *volt* dikalikan dengan arus yang mengalir lewat beban dalam ampere, jika terminal beban digambarkan sebagai a dan n serta jika tegangan dan arus dinyatakan dengan (Stevenson, 1990 : 14)

$$V_{an} = V_{max} \cos \omega t \text{ dan } I_{an} = I_{max} \cos (\omega t - \theta)$$

$\theta =$ positif (+), untuk arus *lagging*

$\theta =$ negatif (-), untuk arus *leading*

Maka daya sesaat (S) :

$$S = V_{max} I_{max} \cos \omega t \cos (\omega t - \theta)$$

$$S = V \times I$$

$$= \frac{V_{max} I_{max}}{2} \cos \theta (1 + \cos 2\omega t) + \frac{V_{max} I_{max}}{2} \sin \theta \sin 2\omega t$$

Atau,

$$S = V I \cos \theta (1 + \cos 2\omega t) + V I \sin \theta \sin 2\omega t \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan :

(V) dan (I) adalah harga efektif dari tegangan dan arus

$(V)(I) \cos \theta (1 + \sin 2\omega t)$ selalu positif, dengan harga rata-rata :

$$P = (V)(I) \cos \theta$$

$(V)(I) \sin \theta \sin 2\omega t$ mempunyai harga positif dan negatif dengan harga rata-rata nol

$$Q = (V)(I) \sin \theta$$

Keterangan : P = disebut daya nyata atau aktif (watt)

$\cos \theta =$ faktor kerja

Q = disebut daya reaktif

“positif” untuk beban induktif

“negatif” untuk beban kapasitif

2.5.6 Daya Listrik Pada Rangkaian 3 Fasa

Daya yang diberikan oleh generator tiga fasa atau yang diserap oleh

beban tiga fasa adalah jumlah daya dari tiap-tiap fasa. Pada sistem tiga fasa seimbang berlaku rumus-rumus :

$$P = 3V_p I_p \cos \theta_p$$

$$Q = 3V_p I_p \sin \theta_p$$

Keterangan :

θ_p = sudut antara arus fasa (*lagging*) dan tegangan fasa

Hubungan yang terjadi pada rangkaian sistem tiga fasa umumnya ada dua hubungan yaitu hubungan bintang (Y) dan segitiga (Δ).

Hubungan bintang (Y) :

$$V_p = \frac{V_1}{\sqrt{3}}; I_p = I_1$$

Hubungan segitiga (Δ)

$$V_p = V_1; I_p = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$$

Kemudian dimasukkan ke persamaan di atas menjadi :

$$P = \sqrt{3} V_1 I_1 \cos \theta_p$$

$$Q = \sqrt{3} V_1 I_1 \sin \theta_p$$

Sehingga :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} V_1 I_1 \dots\dots\dots(10)$$

2.6 Faktor Daya (*Power Factor*)

Faktor daya yang merupakan rasio daya nyata terhadap daya tampak merupakan faktor indikator penting tentang bagaimana efektifnya sebuah beban melaksanakan fungsinya sehubungan dengan disipasi daya, yang didefinisikan sebagai:

$$PF = \frac{P}{S}$$

Maka faktor daya PF adalah perbandingan antara daya nyata P (Watt) dengan daya tampak S (VA). Dalam diagram daya, PF adalah cosinus sudut antara daya aktif dan daya tampak. Faktor daya dapat ditulis menjadi:

$$\begin{aligned} PF &= \frac{P}{VI} = \frac{\text{Daya Nyata}}{\text{VoltAmpere}} \\ &= \frac{P}{VI} = \frac{S \cos \phi}{S} \end{aligned}$$

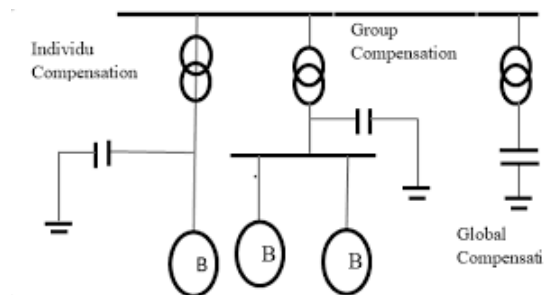
Sehingga dapat ditulis menjadi :

$$PF = \cos \phi \dots\dots\dots(11)$$

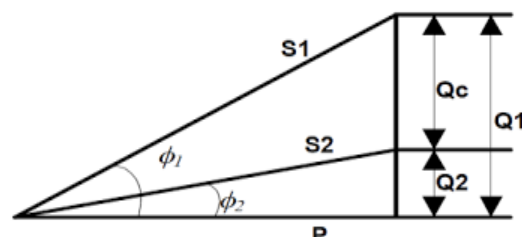
Sudut ϕ adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif P dan daya tampak S, sedangkan daya reaktif Q tegak lurus terhadap daya aktif P. Efisiensi daya yang lebih adalah ketika P sama atau mendekati S, yaitu ketika $\cos \phi = 1$ atau mendekati 1. Faktor daya yang rendah merugikan karena mengakibatkan arus beban tinggi, oleh karena itu dalam perbaikan PF diperlukan keseimbangan antara sifat kapasitif dan induktif dalam rangkaian. (Dani & Hasanuddin, 2018)

Menurut (HANDRIYANI & SYLVIA, 2012) “perbaikan faktor daya dapat diartikan sebagai usaha untuk membuat faktor daya/ $\cos \phi$ mendekati 1. Faktor daya yang sering muncul adalah *lagging*, akibat pemakaian beban induktif (motor/trafo) Perbaikan dilakukan dengan memasang kapasitor pada masing-masing beban atau secara tersentralisir melalui kapasitor bank.”

Bagian utama dari sel kapasitor adalah 2 elektroda dari foil aluminium yang dipisahkan oleh bahan dielektrik yang berjumlah setidaknya 2 lapis (Bonggas, 2012:177). Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk penempatan dan hubungan kapasitor bank terhadap beban tergantung dari dan dimana kita akan menggunakan kapasitor tersebut dan berapa nilai daya reaktif kompensator dari kapasitor bank yang kita perlukan. Pada hal ini lokasi pemasangan kapasitor bank memiliki beberapa cara, namun ada 3 cara yang banyak digunakan untuk pemasangan kapasitor bank yaitu : *Individual compensation*, *global compensation* dan juga *group compensation*. (Pasaribu et al., 2021)



Gambar 2.6 Metode Penempatan Kapasitor Bank.



Gambar 2.7 Prinsip Perbaikan Faktor Daya.

Metode segitiga daya adalah metode perhitungan yang akan digunakan untuk menggambarkan bagaimana daya reaktif mempengaruhi faktor daya dan pada jaringan ac daya semu total Kva diperoleh dengan bantuan hubungan segitiga daya tidak dengan penjumlahan aritmatika dari daya aktif dan daya reaktif. Akan lebih mudah dipahami perhitungan ini, dengan metode segitiga daya siku-siku. (Kebutuhan & Bank, n.d.)

Menurut (Darusman, 2011), untuk menentukan nilai dari kapasitansi kapasitor bank terlebih dahulu dilakukan perhitungan daya reaktif kompensator (Q_c). Pada prinsipnya, dalam perbaikan PF agar nilai $PF \approx 1$, sebuah kapasitor daya ac (kapasitor bank) harus mempunyai nilai daya reaktif kompensator Q_c yang sama dengan nilai daya reaktif Q dari sistem yang akan diperbaiki faktor daya nya, atau dapat ditulis dengan :

$$Q_c = \frac{V^2}{X_c}$$

Dan juga untuk menghitung daya reaktif kompensator yang dibutuhkan terhadap perubahan daya reaktif yang diinginkan, dapat digunakan persamaan :

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

Salah satu cara yang efektif untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan cara kompensasi daya reaktif dimana sebagian kebutuhan daya reaktif yang dibutuhkan beban didapatkan dari kompensator daya reaktif. Salah satu kompensator daya reaktif adalah kapasitor bank dengan rating kvar sebagai berikut :

$$\Delta Q = P \times (\tan \phi_{\text{awal}} - \tan \phi_{\text{target}})$$

Andaikan P [kW] beban dengan faktor daya $\cos \phi_1$ dan $\cos \phi_2$ dan daya semu S_1 dan S_2 yang harus dikirim ke beban maka Penghematan daya semu ΔS adalah :

$$S = S_1 - S_2 = \frac{P}{\cos \phi_1} + \frac{P}{\cos \phi_2}$$

2.7 Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah rancangan dari beberapa kapasitor yang saling terhubung secara seri atau paralel yang digunakan untuk memberikan kompensasi daya reaktif. Pemasangan kapasitor bank dapat dijabarkan menjadi tiga bagian yaitu *global compensation*, *group compensation*, dan *individual compensation*.

Bank Kapasitor adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor. Kapasitas unit kapasitor menyatakan besar daya reaktif nominal yang dihasilkan pada tegangan dan frekuensi nominal, dinyatakan dalam satuan dasar Var. Praktisnya, unit kapasitor diproduksi dalam kapasitas tertentu dan bersifat diskrit. (Jr et al., 2012)

Peningkatan faktor daya ini tergantung dari seberapa besar nilai kapasitor yang dipasang (dalam kVAR). Besarnya energi atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh resistansi (R), induktansi (L) dan kapasitansi (C). Beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif. PLN akan membebankan biaya kelebihan pemakaian kVARh pada pelanggan, jika faktor dayanya kurang dari 0.85. Beban induktif membutuhkan daya reaktif seperti motor induksi (AC) dan lampu TL, sedangkan beban kapasitif mengeluarkan daya reaktif.

Peningkatan faktor daya ini tergantung dari seberapa besar nilai kapasitor yang dipasang (dalam kVAR). Sehingga denda VARh Anda bisa dikurangi. Pada kehidupan modern dimana salah satu cirinya adalah pemakaian energi listrik yang besar. Besarnya energi atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (L) dan kapasitansi (C). Besarnya pemakaian energi listrik itu disebabkan karena banyak dan beraneka ragam peralatan (beban) listrik yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif. Di mana beban induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo pada rectifier, motor induksi (AC) dan lampu TL, sedang beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif.

2.7.1 Prinsip kerja kapasitor

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar pf 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 ke dalam rangkaian yang memerlukannya 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 (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil.(Pasaribu et al., 2015)

Dimana suatu kapasitor sangat terkait dengan kemampuan untuk menyimpan muatan listrik yang berguna dalam mengendalikan arus listrik. Di satu sisi, kapasitor mirip seperti baterai. Meskipun kapasitor dan baterai bekerja dengan cara yang sama sekali berbeda, proses kerja kapasitor yaitu bila dua buah benda bermuatan dan berlainan tanda yang pisahkan oleh suatu benda dielektrik maka akan terdapat kapasitansi diantara kedua benda tersebut.

2.7.2 Proses kerja kapasitor

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar pf 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 ke dalam rangkaian yang memerlukannya, dengan demikian pada saat itulah kapasitor membangkitkan daya reaktif.(Pasaribu et al., 2015)

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. Karena beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitor (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil.

Rugi-rugi daya sebelum dipasang kapasitor

Rugi daya aktif = $I^2 R$ (Watt)

Rugi daya reaktif = $I^2 \times X_c$ (VAR)

Rugi-rugi daya sesudah dipasang kapasitor :

Rugi daya aktif = $(I^2 - I_c^2) R$ (Watt)

Rugi daya reaktif = $(I^2 - I_c^2) \times X_c$ (VAR).

2.7.3 Metode pemasangan kapasitor bank

Kapasitor bank pada instalasi listrik dapat dibagi 3 bagian yaitu :

1. *Global compensation* Dengan metode ini kapasitor bank dipasang pada induk panel mine distribution panel (MDP) dan arus yang turun dari

pemasangan model ini hanya pada penghantar antara panel MDP dan transformator

2. *Sectoral Compensation* Dengan metoda ini pemasangan kapasitor bank yang terdiri dari beberapa panel kapasitor yang akan dipasang pada setiap panel sub distribution panel (SDP).
3. *Individual Compensation* Dengan metoda ini kapasitor bank langsung dipasang pada masing masing beban yang akan digunakan khususnya beban yang mempunyai daya yang besar.

2.8 Persamaan Aliran Daya

Daya listrik selalu akan mengalir menuju beban (*load*). Beban dapat digolongkan menjadi dua yaitu beban statis dan beban berputar (*dinamis*). Beban-beban ini dapat direpresentasikan sebagai impedan tetap (Z), sebagai daya yang tetap (S), tegangan (V) atau arus (I) yang tetap. Tetapi yang biasa dipilih sebagai pembebanan yaitu menggunakan tegangan konstan. Besarnya aliran daya di setiap saluran beserta rugi-ruginya dapat diketahui dengan menghitung lebih dahulu besaran (*magnitude*) tegangan dan sudut fasornya semua simpul pada sistem. (Sunardiyo, 2009)

Pada setiap simpul (bus) sistem terdapat 4 parameter yaitu :

- (1). Daya nyata (*real power*), simbol P satuan megawatt (MW).
- (2). Daya semu (*reactive power*), simbol Q , satuan *megavoltampere reactive* (MVAR).
- (3). Tegangan, simbol V , satuan kilovolt (KV).
- (4). Sudut fasa tegangan, satuan radian (rad).

Dari 4 parameter tersebut, untuk mendapatkan penyelesaian aliran daya listrik pada setiap simpul perlu diketahui nilai 2 buah parameternya, tergantung pada parameter-parameter yang diketahui, maka pada setiap simpul di sistem diklasifikasikan dalam 3 kategori, yaitu :

- (1). Simpul beban (*load bus or PQ buses*).

Parameter-parameter yang diketahui adalah P dan Q , parameter-parameter yang tidak diketahui adalah V dan δ

- (2) Simpul kendali (*voltage – controlled bus or P – V buses*).

Parameter-parameter yang diketahui adalah P dan V , dimana pada simpul

ini mempunyai kendala untuk daya semu (Q) yang melalui simpul. Bila kendala ini didalam perhitungan integrasinya tidak dipenuhi, maka simpul ini diganti menjadi simpul beban. Sebaliknya, bila daya memenuhi kendala akan dihitung sebagai simpul kendali kembali. Parameter-parameter yang tidak diketahui adalah δ dan Q.

(3). Simpul ayun (*swing bus or slack bus*).

Parameter-parameter yang diketahui adalah V dan δ (biasanya $\delta = 0$), dengan V dan selama perhitungan aliran daya akan tetap tidak berubah. Fungsi dari simpul ini ditentukan dalam perhitungan yaitu untuk memenuhi kekurangan daya (rugi-rugi dan beban) seluruhnya, karena kerugian jaringan tidak dapat diketahui sebelum perhitungan selesai dilakukan. Saluran transmisi digambarkan dengan model ekuivalen yang mana impedan-impedannya telah diubah menjadi admitan-admitan per unit dengan satuan MVA.

Aplikasi hukum Kirchoff pada bus ini diberikan dalam :

$$\begin{aligned} I_i &= y_{i0} V_i + y_{i1} (V_i - V_1) + y_{i2} (V_i - V_2) + \dots + y_{in} (V_i - V_n) \\ &= (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{in})V_i - y_{i1} V_1 - y_{i2} V_2 - \dots - y_{in} V_n \end{aligned}$$

Daya aktif dan daya reaktif pada bus i adalah :

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \dots \dots \dots (12)$$

2.9 Metode Perhitungan Aliran Daya

Prosedur penyelesaian perhitungan aliran daya terdapat 3 metode perhitungan aliran yang digunakan untuk perhitungan aliran daya, yaitu :

1. Metode Gauss - Seidel

Studi aliran beban diperlukan untuk menyelesaikan persamaan non-linier untuk dua variabel yang tidak diketahui pada tiap bus. Pada metode Gauss-Seidel persamaan :

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i} = V_i \sum_{j=0}^n Y_{ij} - \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \neq i$$

Diselesaikan untuk V_i dan urutan iterasinya menjadi

$$V_i^{(k+1)} = \frac{P_i^{Sch} - jQ_i^{Sch}}{V_i^{(k)}} + \sum y_{ij} V_j^{(k)} / \sum y_{ij}, j \neq i \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan: y_{ij} = Admitans (p.u)

$P_i^{sch} = \text{Daya aktif (p.u)}$

$Q_i^{sch} = \text{Daya reaktif (p.u)}$

Dalam penulisan hukum arus kirchoff, arus yang memasuki bus i diasumsikan positif. Jadi, untuk bus-bus dimana daya aktif dan reaktif dimasukkan ke bus, seperti busbus generator, P_i^{sch} dan Q_i^{sch} mempunyai nilai negatif. Diselesaikan untuk P_i dan Q_i , didapat:

$$P_i^{(k+1)} = V_i^{*(k)} [V_i^{(k)} \sum_{j=0}^n Y_{ij} - \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j^{(k)}], J \neq i$$

$$Q_i^{(k+1)} = -V_i^{*(k)} [V_i^{(k)} \sum_{j=0}^n Y_{ij} - \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j^{(k)}], J \neq i$$

Persamaan aliran daya berhubungan dengan elemen matrik admitans bus.

Persamaan menjadi :

$$V_i^{(k+1)} = \frac{P_i^{sch} - jQ_i^{sch}}{V_i^{(k)}} + \sum y_{ij} V_j^{(k)} / \sum y_{ij} \dots \dots \dots (14)$$

$$P_i^{(k+1)} = \text{real} \{ V_i^{*(k)} [V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j^{(k)}] \}, J \neq i \dots \dots \dots (15)$$

$$Q_i^{(k+1)} = \text{imajiner} \{ V_i^{*(k)} [V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j^{(k)}] \}, J \neq i \dots \dots \dots (16)$$

Y_{ii} memasukkan admitans shunt cabang tiap elemen bus dan dari elemen lain seperti tap pada trafo.

Sejak dua komponen tegangan ditentukan pada swing bus, terdapat $2(n-1)$ persamaan yang harus diselesaikan dengan metode iterasi. Pada kondisi sistem beroperasi normal, besar tegangan rel sekitar 1,0 p.u atau mendekati besaran tegangan pada *swing bus*. Magnitude tegangan pada bus-bus beban sedikit lebih rendah dibanding tegangan pada *swing bus* yang nilainya bergantung pada permintaan daya reaktif. Sudut fase bus-bus beban sedikit lebih rendah dari sudut referensi sesuai dengan permintaan daya aktif. Jadi, pada metode Gauss-Seidel, perkiraan tegangan awalnya $1,0 + j 0,0$ sudah cukup memadai dan operasi konvergensi berhubungan dengan keadaan operasi yang sebenarnya. (Sumardi & Julianto, 2018)

Pada bus beban, daya aktif dan reaktif P_i^{sch} dan Q_i^{sch} diketahui. Memulai dengan perkiraan awal menyelesaikan komponen real dan imajiner tegangan. Untuk PV bus dimana P_i^{sch} dan V_i ditentukan, pertama diselesaikan untuk $Q_i^{(k+1)}$ kemudian digunakan dalam untuk menyelesaikan $V_i^{(k+1)}$. Namun demikian, sejak V_i sudah ditetapkan, hanya bagian imajiner yang dipakai dan bagian realnya dipilih agar memenuhi,

$$(\lambda_i^{(k+1)})^2 + (f_i^{(k+1)})^2 = V_i^2$$

Atau

$$\lambda_i^{(k+1)} = \sqrt{V_i^2 - (f_i^{(k+1)})^2} \dots \dots \dots (17)$$

Keterangan : $\lambda_i^{(k+1)}$ = Komponen real tegangan

$f_i^{(k+1)}$ = Komponen imajiner tegangan

Angka konvergensi dinaikkan dengan menerapkan faktor percepatan, perkiraan penyelesaian didapat untuk tiap literas.

$$V_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \alpha (V_{i(a)}^{(k)} - V_i^{(k)})$$

Dimana α adalah faktor percepatan. Tegangan baru ditempatkan pada nilai lama dalam penyelesaian, proses dilanjutkan hingga perubahan komponen real dan imajiner tegangan bus sesuai dengan yang telah ditentukan.

Metode Gauss-Seidel memiliki nilai konvergensi yang rendah. Pemakaian faktor akselerasi dapat meningkatkan tingkat konvergensi dengan nilai antara 1,2 hingga 1,7 dengan nilai default adalah 1,45. Metode ini relatif memiliki lebih sedikit persyaratan nilai tegangan awal jika dibandingkan dengan dua metode sebelumnya. Metode ini memeriksa toleransi besar tegangan bus antara dua iterasi berurutan guna mengontrol presisi penyelesaian. Presisi *default* tegangan bus pada umumnya bernilai 0,000001 p.u. (Akbar et al., 2017)

Perhitungan aliran daya dengan metode Gauss–Seidel mempunyai kelebihan sebagai berikut :

- a. Pemrograman dan perhitungan relatif lebih mudah.
- b. Waktu tiap iterasi singkat.
- c. Sesuai untuk sistem jaringan sedikit.

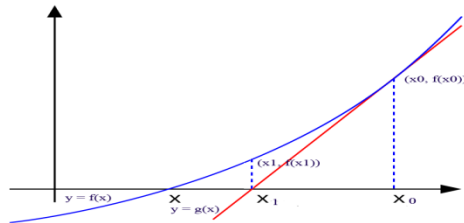
Sedangkan kelemahannya yaitu :

- a. Pencapaian konvergen lambat.
- b. Makin banyak simpul, makin banyak pula diperlukan iterasi, dan jumlah iterasi juga akan berubah bila bus referensi diganti oleh bus yang lain.
- c. Untuk sistem radial tidak dapat mencapai konvergen.
- d. Untuk perhitungan pada sistem jaringan yang banyak tidak sesuai.

2. Metode Newton – Raphson

Metode Newton-Raphson merupakan metode yang paling sering digunakan diantara metode-metode pencarian akar persamaan yang dikenal. Ide dari metode

ini adalah, jika diberikan satu terkaan awal pada titik $(x_i, f(x_i))$ maka dapat ditarik garis singgung hingga memotong sumbu x. Titik potong dengan sumbu x ini biasanya merupakan terkaan akar yang lebih baik dibandingkan terkaan sebelumnya.



Gambar 2.8 Ilustrasi Metode Newton Raphson

Daya nyata pada sistem tenaga listrik dirumuskan sebagai berikut :

$$S_i = P_i + jQ_i = V_i I_i \dots \dots \dots (18)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

S_i = daya nyata pada bus i

P_i = daya aktif pada bus i

Q_i = daya reaktif pada bus i

V_i = tegangan pada bus i

I_i = arus pada bus i

Bila diubah menjadi bentuk kompleks konjugat, maka persamaannya menjadi :

$$P_i - jQ_i = V_i * I_i$$

$$I_i = \sum_{k=1}^n Y_{ik} V_k$$

Sehingga persamaan menjadi :

$$P_i - jQ_i = V_i * \sum_{k=1}^n Y_{ik} V_k \dots \dots \dots (19)$$

Kemudian dari persamaan keduanya diperoleh rumus daya aktif dan reaktif sebagai berikut :

$$P_i = I_m (V_i * \sum_{k=1}^n Y_{ik} V_k)$$

$$Q_i = -I_m (V_i * \sum_{k=1}^n Y_{ik} V_k)$$

Atau dalam bentuk polar menjadi :

$$V_i = |V_i| e^{j\theta_i}$$

$$V_{ik} = |Y_{ik}| e^{j\theta_{ik}}$$

Sehingga persamaan menjadi :

$$P_i = \sum_{k=1}^n |V_i| |V_k| |Y_{ik}| \cos (\theta_{ik} + \delta_k - \theta_i) \dots \dots \dots (20)$$

$$Q_i = - \sum_{k=1}^n |V_i V_k V_{ik}| \sin (\theta_{ik} + \delta_k - \delta_i) \dots \dots \dots (21)$$

Dalam melakukan iterasi pada perhitungan aliran datam tegangan pada bus berayun (*swing bus*) diabaikan. Karena besar tegangan dan sudut fasanya dtetapkan secara spesifik sebagai referensi. Pada *load bus*, besar daya aktif dan reaktif harus diketahui terlebih dahulu sedangkan pada bus pengatur tegangan terlebih dahulu diketahui besar magnitude tegangan bus-nya dan besar daya tetap dikeluarkan oleh generator.

3. Metode Fast – Decouple

Pemecahan aliran daya dengan metode Fast – Decouple menghendaki iterasi yang lebih banyak daripada metode Newton–Raphson, tetapi dalam tiap iterasi membutuhkan sedikit waktu dan pemecahan aliran daya diperoleh dengan cepat.

2.10 Impedansi

Impedansi adalah ukuran sejauh mana rangkaian menghambat aliran listrik. Semua bahan memiliki beberapa tingkah hambatan listrik, yang menyebabkan beberapa energi akan hilang sebagai panas, dan mengurangi aliran arus. Dalam arus bolak balik (AC) ada faktor yang berkontribusi terhadap impedansi yakni : kapasitansi dan induktansi atau biasa dikenal sebagai reaktansi, yang merupakan ukuran dari hambatan terhadap perubahan arus yang tergantung pada frekuensi, dan pada komponen sirkuit.(Mulya et al., 2016)

Seperti hambatan, reaktansi dan impedansi juga diukur dalam ohm. Dalam persamaan, impedansi biasanya diwakili oleh simbol Z, dan reaktansi oleh X. Reaktansi kapasitif dan reaktansi induktif masing–masing diwakili oleh XC dan XL. Demikian pula dengan hukum ohm untuk hambatan, impedansi dapat dinyatakan sebagai :

$$Z = V / I \dots \dots \dots (22)$$

Dimana : Z = Impedansi (ohm)
 V = Tegangan (Volt)
 I = Arus (Ampere)

Untuk perhitungan impedansi saluran tranmisi, perhitungannya tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang akan dihitung, dimana besar nilainya tergantung pada jenis penghantarnya, yaitu dari bahan apa penghantar itu dibuat dan juga tergantung besar kecilnya penampang dan panjang saluran

penghantarnya.

Impedansi saluran transmisi dalam satuan per unit adalah :

$$Z = \frac{Z_{saluran}}{Z_{base}} \dots\dots\dots(23)$$

Dimana : Z = Impedansi penyulang (pu)

Z_{base} = Impedansi dasar (ohm)

$Z_{saluran}$ = Impedansi Saluran (ohm)

2.11 Impedansi Saluran

Pada perhitungan setting relai jarak, impedansi merupakan parameter pokok yang digunakan dalam perhitungan. Untuk menghitung impedansi (Z) saluran tranmisi, terlebih dahulu kita menghitung resistansi saluran (R) dan reaktansi saluran (X), dimana nilai dari reaktansi bisa didapat dari 2 parameter yaitu nilai kapasitansi dan induktansi. Oleh karena itu, impedansi dapat dijabarkan di persamaan (24)

$$Z = R + jX \dots\dots\dots(24)$$

Impedansi saluran terdiri dari :

1) Resistansi Saluran

resistansi merupakan nilai tahanan dari sebuah penghantar dan merupakan penyebab utama rugi-rugi daya pada saluran transmisi (dapat dilihat pada persamaan 25).

$$R = \frac{P(\text{Rugi-rugi daya dalam penghantar})}{(I)^2} \dots\dots\dots(25)$$

Rumus untuk mencari nilai resistansi dari suatu penghantar dijelaskan pada persamaan 26.

$$R = P \frac{\ell}{A} \dots\dots\dots(26)$$

Dimana: P = resistivitas penghantar

ℓ = panjang

A = luas penampang

2) Reaktansi Saluran

Reaktansi saluran yaitu nilai tahanan yang didapat dari nilai induktansi dan kapasitansi penghantar yang ada disaluran. Rumus untuk mencari nilai reaktansi dijelaskan pada persamaan 27 dan 28.

$$X_L = \omega L = 2 \pi f L \dots\dots\dots(27)$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{\pi f C} \dots\dots\dots(28)$$

Dimana, X_L = reaktansi induktif (Ω)

f = frekuensi (Hz)

X_C = reaktansi kapasitif (Ω)

L = induktansi (H)

$\omega = 2 \pi f$ = kecepatan sudut

C = kapasitansi (F)

2.12 ETAP Power Station 12.6

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. 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 kearnanan fasilitas nuklir di Arnerika 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, *trancient 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 anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar *single line diagram*/diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama:

1. *Virtual Reality Operasi*

Sistem operational yang ada pada program sangat mirip dengan sistem

operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika anda 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 sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar *single line diagram* dengan warna abu-abu.

2. *Total Integration Data*

Etap *Power Station* menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen subbuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui *raceways* yang di lewati 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.

3. *Simplicity in Data Entry*

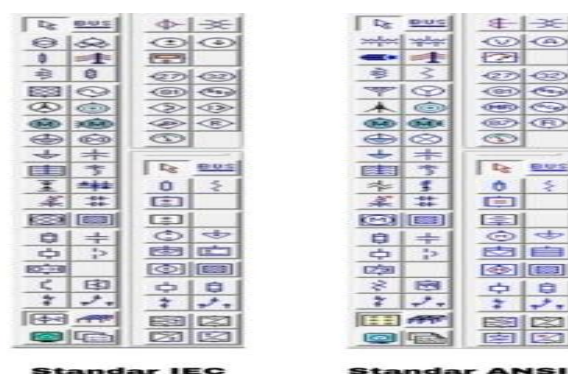
Etap *Power Station* memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain 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*. ETAP *Power Station* juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP *Power Station* adalah :

1. *One Line Diagram*, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.

2. *Library*, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
3. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar *IEC* atau *ANSI*, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
4. *Study Case*, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

2.12.1 Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Komponen elemen AC pada *software power station* ETAP dalam bentuk diagram satu garis ditunjukkan pada gambar, kecuali elemen-elemen IDs, penghubung bus dan status. Semua data elemen AC dimasukkan dalam editor yang telah dipertimbangkan oleh para ahli teknik. Daftar seluruh elemen AC pada *software power station* ETAP ada pada *AC toolbar* ditunjukkan pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Gambar AC toolbar di ETAP

2.12.2 Elemen-elemen AC di ETAP

1. Transformator

Transformator 2 kawat sistem distribusi dimasukkan dalam *editor power station software* transformator 2 kawat pada *power station software* ETAP ditunjukkan Gambar 2.10 Simbol transformator 2 kawat.



Gambar 2.10 Simbol transformator 2 kawat di ETAP

2. Generator

Generator sinkron sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station* ETAP berupa rating KV, rating MW, dan mode kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator. Simbol generator sinkron pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Simbol Generator di ETAP

3. Load

Beban listrik sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station* ETAP berupa rated kV dan MVA yang ditampilkan pada bagian atas informasi *editor load*. Di ETAP terdapat dua macam beban, yaitu beban statis dan beban dinamis. Simbol *load pacla power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Simbol beban statis dan dinamis di ETAP

4. Pemutus Rangkaian

Merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban atau hubungan pendek. Simbol pemutus rangkaian di ETAP ditunjukkan pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Simbol pemutus rangkaian di ETAP

5. Bus

Bus AC atau node sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station software* ETAP. Editor bus sangat membantu untuk pemodelan berbagai tipe bus dalam sistem tenaga listrik. Generator, motor

dan beban statik adalah elemen yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan. Simbol bus pada *power station software* ETAP ditunjukkan gambar 2.14



Gambar 2.14 Simbol bus di ETAP

2.12.3 Elemen-elemen di ETAP

Suatu sistem tenaga terdiri atas sub-sub bagian, salah satunya adalah aliran daya dan hubung singkat. Untuk membuat simulasi aliran daya dan hubung singkat, maka data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan program simulasi antara lain:

1. Data Generator
2. Data Transformator
3. Data Kawat Penghantar
4. Data Beban
5. Data Bus

2.12.4 Elemen Aliran Daya

Program analisis aliran daya pada *software* ETAP dapat menghitung tegangan pada tiap-tiap cabang, aliran arus pada sistem tenaga listrik, dan aliran daya yang mengalir pada sistem tenaga listrik. Metode perhitungan aliran daya dapat dipilih untuk efisiensi perhitungan yang lebih baik. Metode perhitungan aliran daya pada *software* ETAP ada tiga, yaitu: *Newton Raphson*, *Fast-Decouple* dan *Gauss Seidel* seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Elemen toolbar aliran daya ditunjukkan pada gambar 2.15



Gambar 2.15 *Toolbar load flow* di ETAP

Gambar dari kiri ke kanan menunjukkan *tool* dan *toolbar* aliran daya, yaitu:

1. *Run Load Flow* adalah icon toolbar aliran daya yang menghasilkan atau menampilkan hasil perhitungan aliran daya sistem distribusi tenaga listrik dalam diagram satu garis.

2. *Update Cable Load Current* adalah *icon toolbar* untuk merubah kapasitas arus pada kabel sebelum *load flow* di running
3. *Display Option* adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil aliran daya.
4. *Alert* adalah icon untuk menampilkan batas kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya sistem distribusi tenaga listrik.
5. *Report Manager* adalah *icon* untuk menampilkan hasil aliran daya dalam bentuk

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Gedung Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Kampus III UMSU Jalan Kapten Muchtar Basri Glugur Darat II No.3 Medan.

3.2 Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian yang dilakukan di gedung G Fakultas Teknik berlangsung dari tanggal 10 April 2022 sampai tanggal 10 Mei 2022

3.3 Peralatan Penelitian





Adapun peralatan penelitian yang digunakan oleh penulis didalam penelitian adalah :

1. Satu unit laptop Asus X441B
2. Buku dan pulpen
3. *Software* ETAP

3.4 Data Penelitian





Adapun data penelitian yang dibutuhkan di Gedung G Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yaitu:

1. Data Beban

No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)		
		 TL 2x36 W	 DL 18 W	 Stop kontak 200 W	 Stop kontak AC	R	S	T
1	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	8			360		
2	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	8				360	
3	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	8					360
4	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		10			180		
5	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		10				180	
6	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		10					180
7	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			8		1600		
8	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			8			1600	
9	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			7				1400
10	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			6		1200		
11	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			8			1800	
12	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			6				1200
13	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		
14	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
15	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			1700
16	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		
17	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
18	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			1700
19	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		
20	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
21	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			1700
22	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				1	850		
23	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
24	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				1			850
25	Spare							
26	Spare							
27	Spare							
	Jumlah	9	54	43	22	9290	10740	9090
	Total Beban						29120	





Tabel 3.1 Daya Lantai 1

Lantai 6

No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)		
						R	S	T
		TL 2x36 W	DL 18 W	Stop kontak 200 W	Stop kontak AC			
1	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6			324		
2	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6				324	
3	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6					324
4	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		7			126		
5	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		8				144	
6	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		8					144
7	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			3		600		
8	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			3			600	
9	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				600
10	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			3		600		
11	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			3			600	
12	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				600
13	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		
14	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
15	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			1700
16	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		
17	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
18	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			1700
19	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		
20	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
21	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				1			850
22	Spare							
23	Spare							
24	Spare							
25	Spare							
26	Spare							
27	Spare							
	Jumlah	9	41	18	17	6750	6.768	5.918
	Total Beban						19.436	

Tabel 3.6 Daya Lantai

Lantai 7

No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)		
						R	S	T
		TL 2x36 W	DL 18 W	Stop kontak 200 W	Stop kontak AC			
1	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe							
2	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	5	10				540	
3	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	5	11					558
4	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		2			36		
5	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		10				180	
6	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe		8					144
7	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			1		200		
8	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			4			800	
9	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			4				800
10	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			1		200		
11	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			4			800	
12	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe			4				800
13	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				1	850		
14	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
15	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			1700
16	Nym 4 x 2.5 mm2 in conduit pipe				1	5000		
17	Nym 4 x 2.5 mm2 in conduit pipe				1		5000	
18	Nym 4 x 2.5 mm2 in conduit pipe				1			5000
19	Nym 4 x 2.5 mm2 in conduit pipe				1	5000		
20	Spare							
21	Spare							
22	Spare							
23	Spare							
24	Spare							
25	Spare							
26	Spare							
27	Spare							
	Jumlah	9	41	18	9	11.286	9020	9.002
	Total Beban						29.308	

Tabel 3.7 Daya Lantai 7

Lift

No	Kabel Penghantar	□	BEBAN (W)
		Pompa Dorong Booster 1.1 KW	
	Nym 4 x 4 mm ² in conduit pipe	1	9400
	Jumlah	1	9400
	Total Beban		9400

Tabel 3.8 Daya Lift
Pompa Dorong

No	Kabel Penghantar	□	BEBAN (W)
		Pompa Dorong Booster 1.1 KW	
	Nym 4 x 2.5 mm ² in conduit pipe	4	4400
	Jumlah	4	4400
	Total Beban		4400

Tabel 3.9 Daya pompa dorong
Penerangan lampu luar

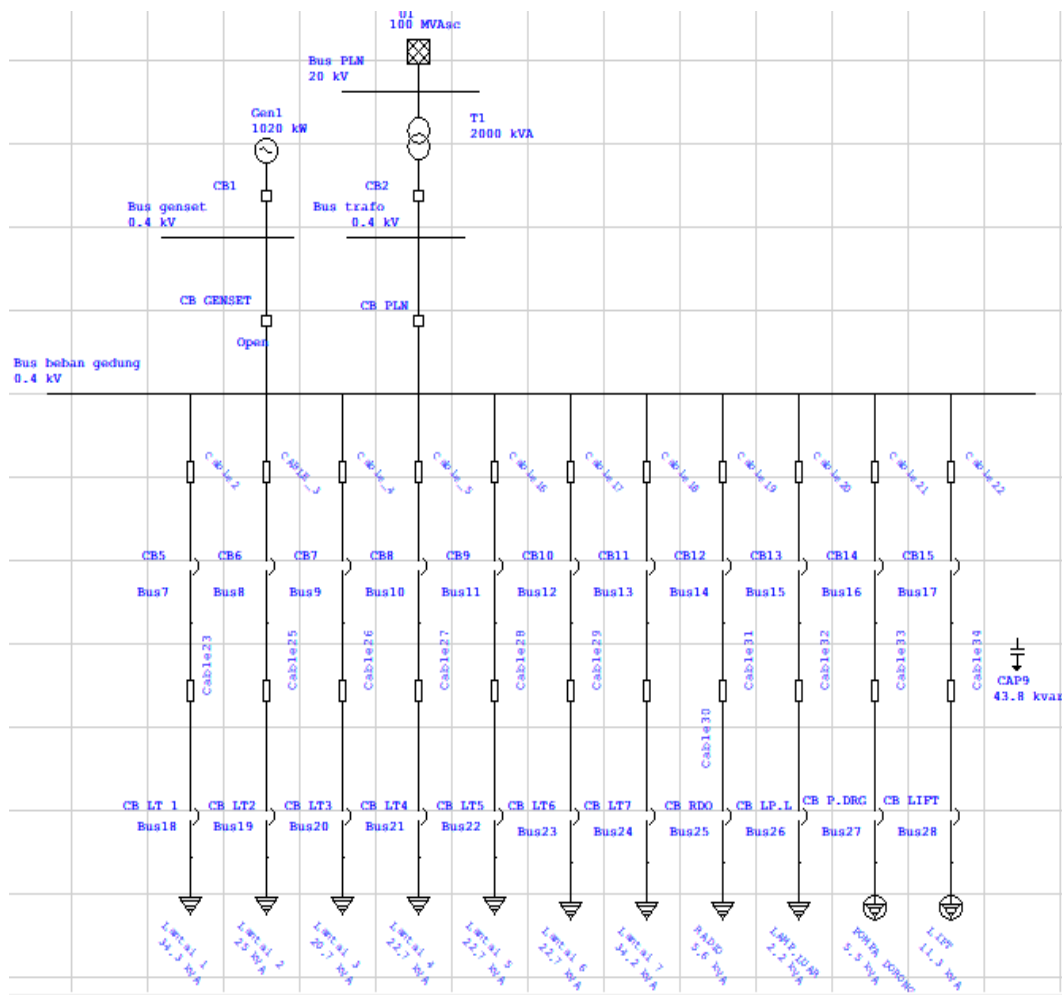
No	Kabel Penghantar		BEBAN (W)		
		□	R	S	T
		Lampu sorot Led 100 W			
1	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe	6	600		
2	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe	6		600	
3	Nym 4 x 2.5 mm ² in conduit pipe	6			600
	Jumlah	18	600	600	600
	Total Beban		1800		

Tabel 3.10 Daya Penerangan Luar

Ruangan Radio

No	Kabel Penghantar				BEBAN (W)		
		⊠	⊠	⊠	R	S	T
		Stop kontak 200 W	Stop kontak AC	Stop Kontak 3 ph			
1	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	4			800		
2	Nym 3 x 2.5 mm2 in conduit pipe	4				800	
3	Nym 4 x 2.5 mm2 in conduit pipe	4					800
4	Nym 4 x 2.5 mm2 in conduit pipe			2500	2500		
	Jumlah	16		1	800	800	800
					2500		
	Total Beban				4900		

Tabel 3.11 Daya Ruang Radio



Gambar 3.1 Wiring diagram Gedung Teknik

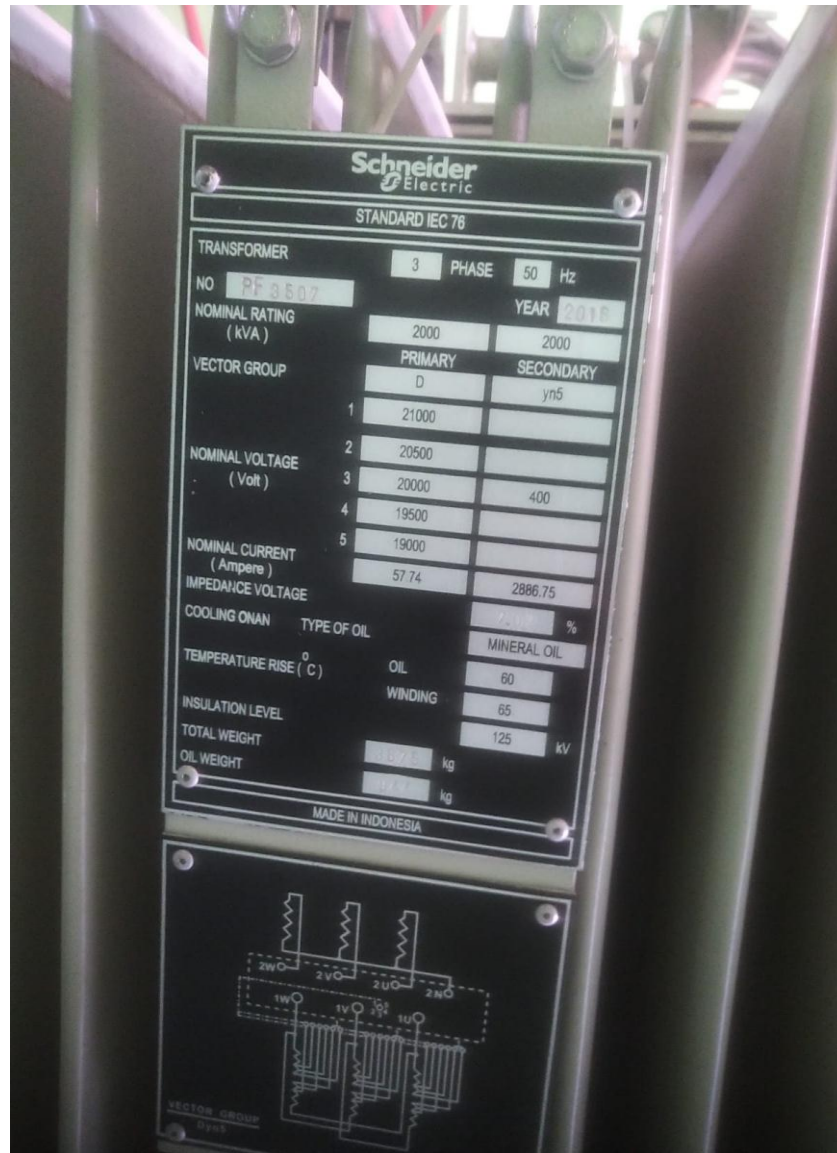
2. Data Pembangkit

1. Power grid

- a. Besarnya daya pada *power grid* : 1660 MVA
- b. *Incoming from bus chiller* : 125 KV
- c. Frekuensi : 50 Hz

2. Transformator Schneider *standart* IEC 76 tahun 2016

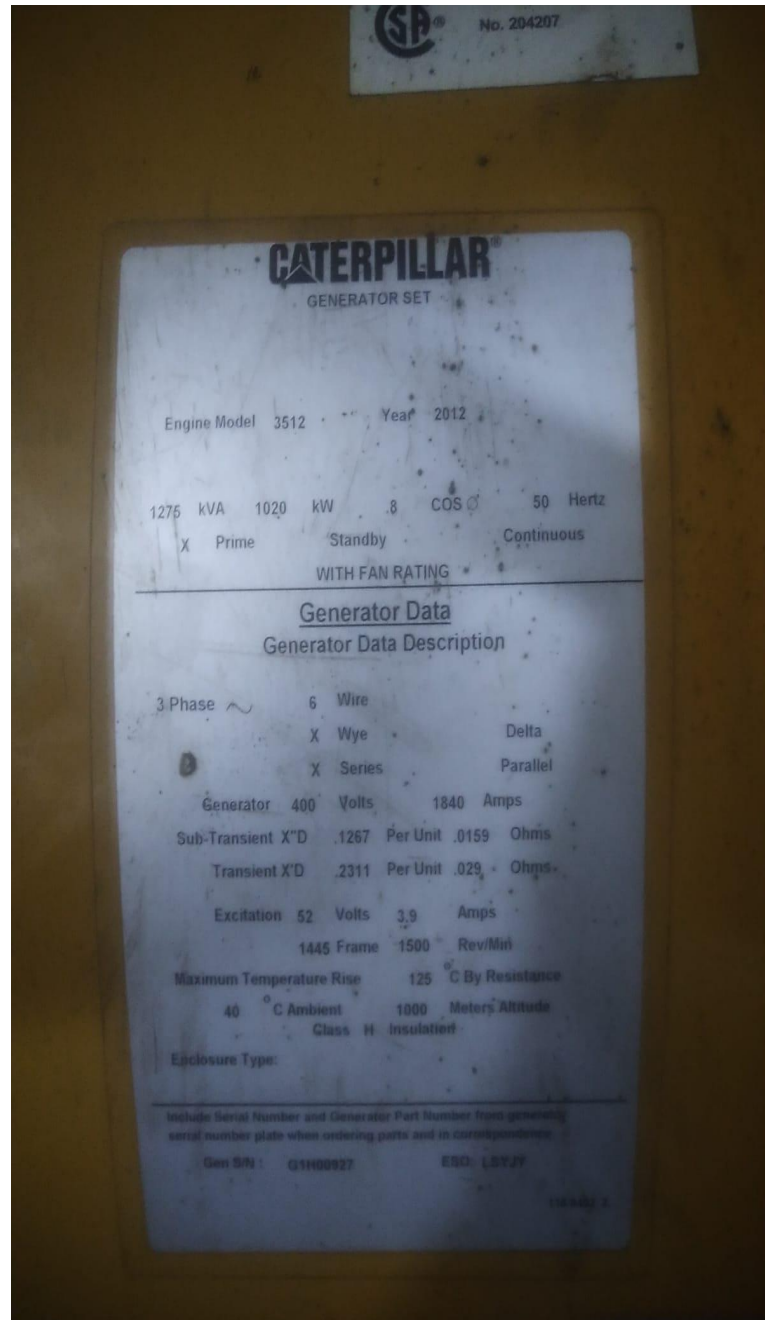
- a. Daya nominal *primer* : 2000 KVA
- b. Daya nominal *skunder* : 2000 KVA
- c. Tipe transformator basah : *mineral oil*
- d. Tegangan *primer* : 125 KV
- e. Tegangan *skunder* : 400 Volt
- f. Nominal *current primer* : 57,74 A
- g. Nominal *current skunder* : 2886,75 A
- h. Frekuensi : 50 Hz
- i. Impedansi *voltage* : 7,2 %



Gambar 3.2 Nameplate Transformator

3. Generator Diesel Caterpillar Type 3512 3 phase

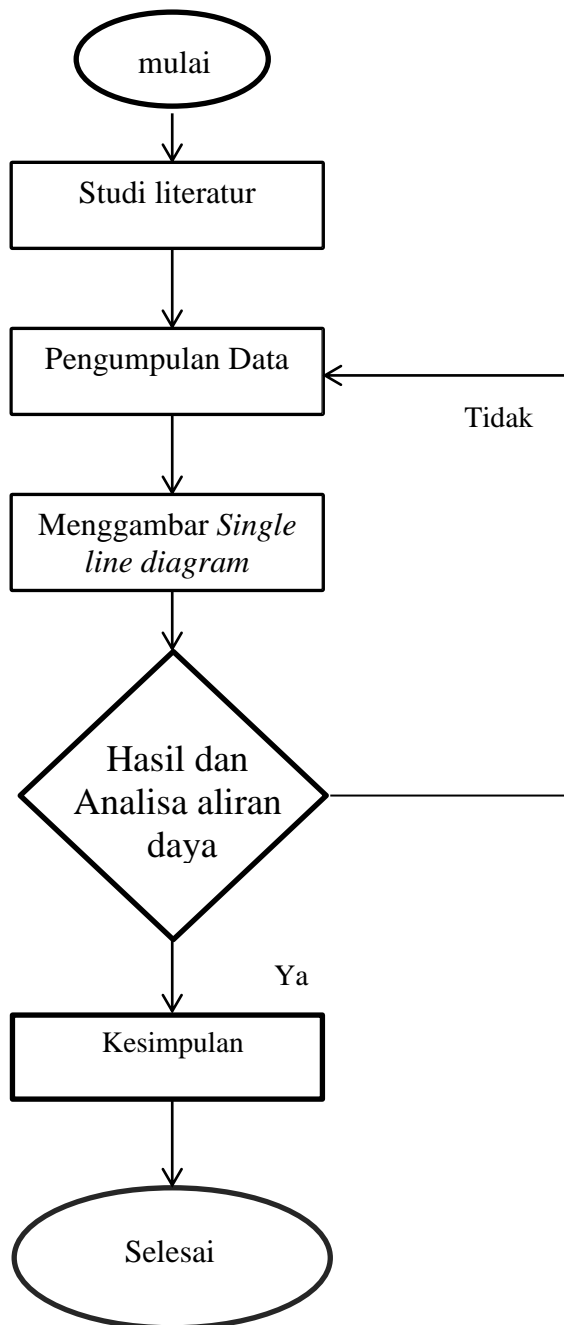
- a. Besarnya daya : 1275 KVA / 1020 KW
- b. Frekuensi : 50 Hz
- c. Tegangan : 400 V
- d. Power factor : 0,8



Gambar 3.3 Nameplate Generator

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari tiga tahap, yaitu pengambilan data lapangan, tahap pelaksanaan simulasi dan tahap analisa hasil simulasi. Diagram alir penelitian disusun seperti gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

3.6 Langkah-langkah Penelitian

1. Studi literatur

informasi yang diperoleh dengan cara membaca, mencatat sistematis, yang berkaitan dengan perhitungan aliran daya yang diperoleh dari sumber tertentu.

2. Pengumpulan Data

Mengumpulkan sumber data-data yang diperlukan yang di dapat dari supervisor teknik dan bagian umum Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data- data yang diperlukan untuk penelitian ini antara lain :

- Power Grid (KV)
- Generator Set (KVA)
- Transformator (KVA)
- Beban (A)

3. *Single line diagram*

Menggambar diagram satu garis sistem kelistrikan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara khususnya untuk beban di gedung G Fakultas Teknik.

4. Hasil dan analisa

Mendapatkan Hasil dan analisa berupa data yang didapat menggunakan *Software* ETAP 12.6

5. Kesimpulan

3.7 Metode Analisis Data

Metode penelitian ini menggunakan Metode Newton Raphson menggunakan *software* ETAP 12.6 dari masing-masing keduanya didapatkan hasil total beban. Sehingga dapat menghitung faktor daya. Dari hasil perhitungan faktor daya dapat disimpulkan perlu atau tidaknya kapasitor bank didalam gedung G Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6 Simulasi Aliran Daya ETAP

Data-data sistem tenaga listrik yang diperoleh dari hasil wawancara dan observasi kemudian disimulasikan dengan *software* ETAP. Dalam menggunakan *software* ETAP terlebih dahulu menggambar diagram garis tunggal dari sistem tenaga listrik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Masukkan parameter data setiap komponen sistem tenaga listrik tersebut, jika input data sudah lengkap kemudian pilih metode aliran daya pada *study case* yaitu metode newton raphson. Untuk lebih jelasnya, maka tahap-tahap untuk analisis aliran daya menggunakan

ETAP 12.6 adalah sebagai berikut :

1. Membuat *single line diagram*

Tahap awal untuk memulai simulasi aliran daya adalah dengan menggambar *single line diagram*. *Single line diagram* yang telah dibuat dalam penelitian ini ditunjukkan pada lampiran.

2. Data Masukan

Setelah *single line diagram* selesai dibuat, maka tahap selanjutnya adalah memasukkan data dari setiap komponen yang ada.

3. Eksekusi Program

Tahap selanjutnya setelah *single line diagram* selesai dibuat dan semua data tiap komponen sudah dimasukkan adalah mengeksekusi program. Langkah-langkah untuk eksekusi program ETAP 12.6 adalah sebagai berikut :

- d. Pilih *load flow analysis* pada menu *toolbar* program seperti ditunjukkan pada gambar 3.5



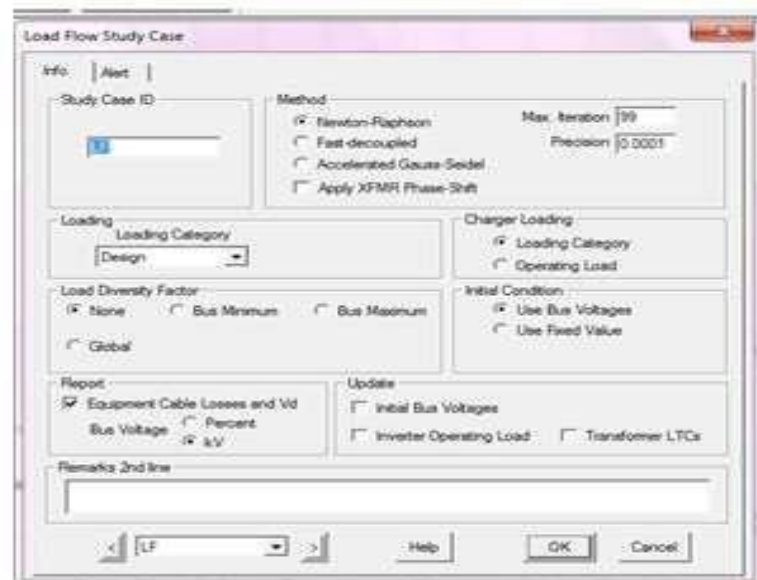
Gambar 3.5 Load flow analysis

- e. Pilih edit *study case* seperti ditunjukkan pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Edit study case

Kemudian akan muncul lampiran *Load flow study case*, kemudian pilih metode newton raphson seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7 :



Gambar 3.7 *Load flow study case* metode newton raphson

f. Pilih run *load flow* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8

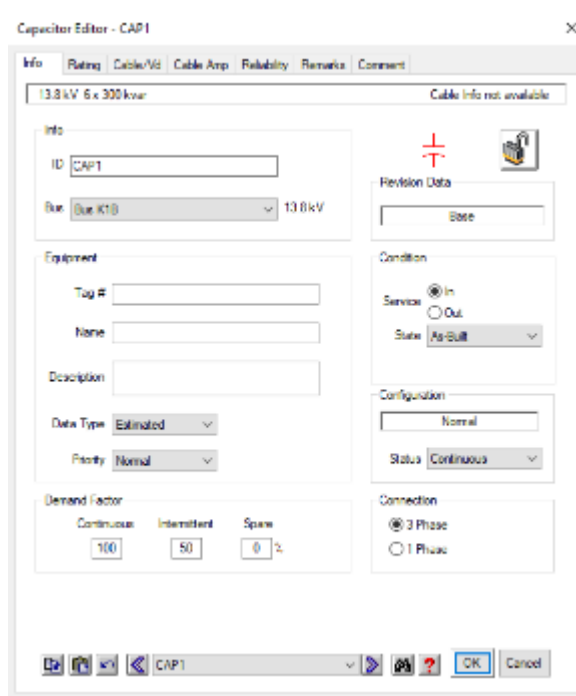


Gambar 3.8 Run *load flow*

Untuk melihat hasil secara lengkap, pilih menu toolbar *load analyzer*, maka akan muncul laporan yang akan dapat kita download menjadi excel maupun pdf.

3.7 Simulasi Menghitung Kapasitor ETAP

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat memperbaiki faktor daya pada jaringan listrik. Untuk menambahkan kapasitor, klik tombol capacitor pada AC tools pada bagian kanan area kerja, lalu tempatkan kapasitor pada area kerja dan atur sesuai kebutuhan. Untuk mengatur parameter kapasitor, klik dua kali pada capacitor hingga muncul jendela seperti di bawah ini:



Gambar 3.9 Jendela *Lumped Load Editor*

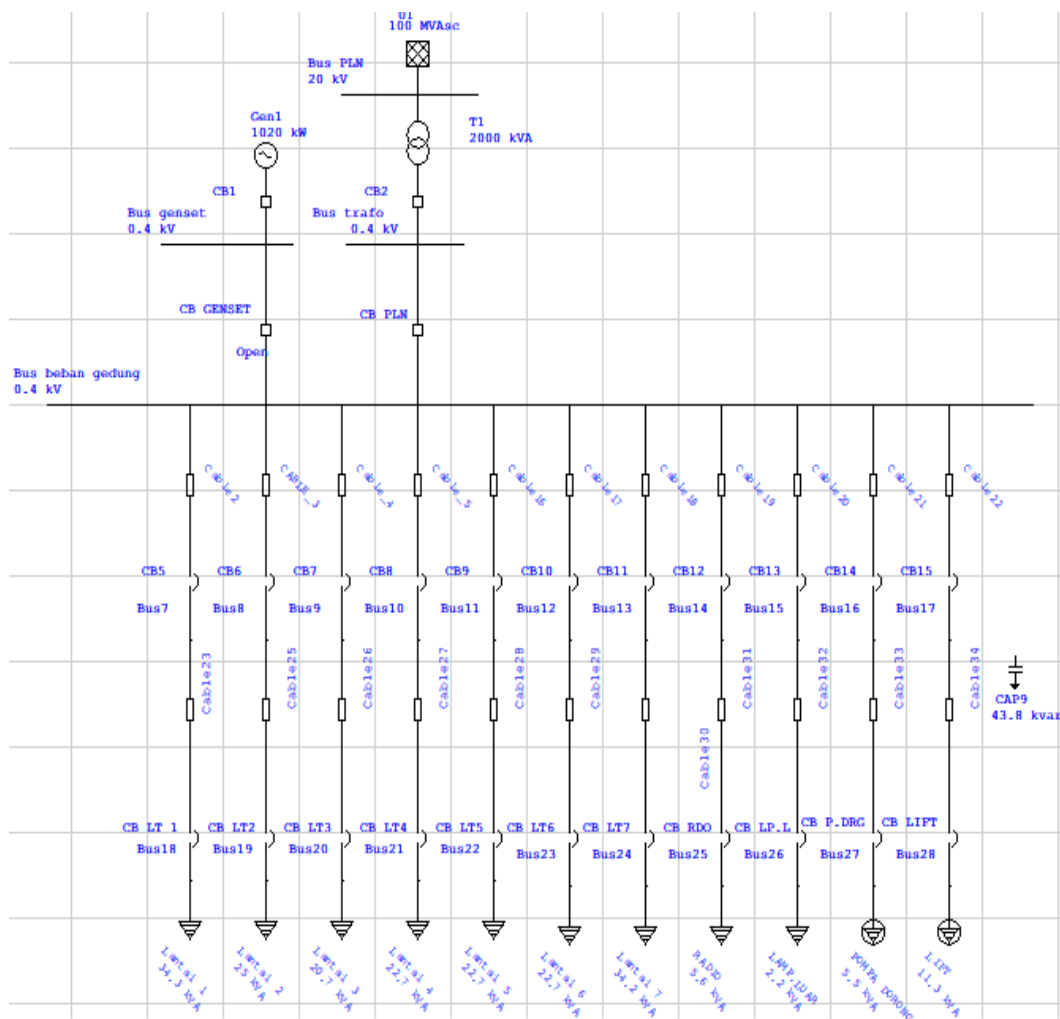
1. Setelah data dimasukkan dengan benar, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi *load flow analysis* untuk mengetahui aliran daya sehingga didapatkan data yang diperlukan.
2. Setelah mendapatkan data dari simulasi aliran daya, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi optimal kapasitor placement untuk mendapatkan tempat optimal pemasangan kapasitor daya, kapasitas kapasitor dan jumlah step yang direkomendasikan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

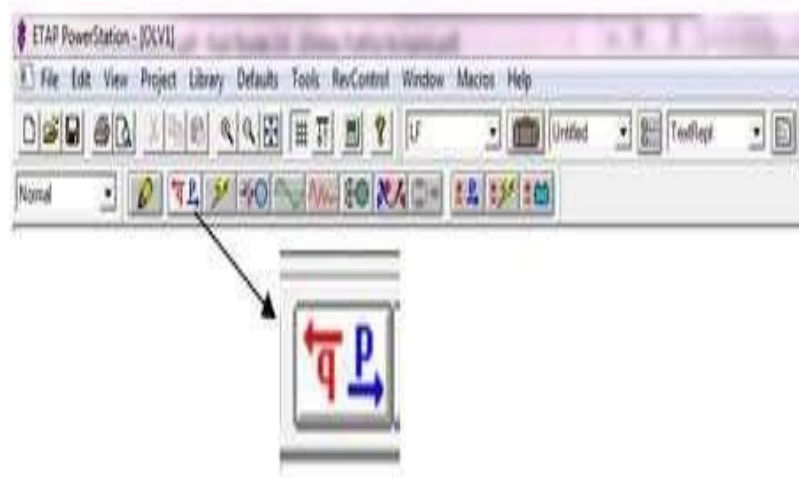
4.1 Analisa dan Hasil penelitian

Sistem kelistrikan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara menggunakan sistem kelistrikan 1660 KVA dan terpasang trafo step down pada substation. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pembebanan sistem tenaga listrik di gedung G Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dengan penelitian ini juga dapat mengetahui tentang perencanaan kedepan jika ada penambahan beban induktif. Dilihat dari data sheet tabel 3.(1 s/d 11) sebagai total beban pada gedung G Fakultas Teknik, maka diinput seluruh beban ke dalam wiring keseluruhannya.



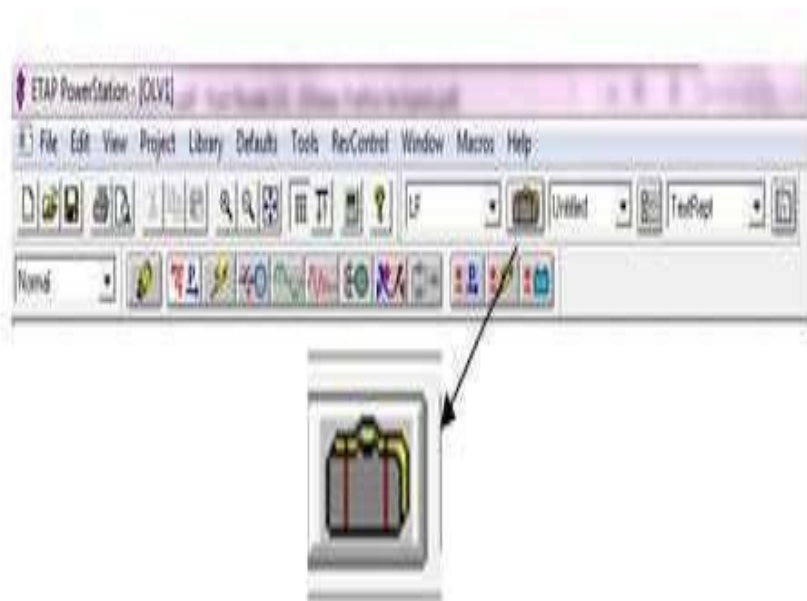
Gambar 4.1 Wiring setelah penambahan beban

Sesudah memasukkan semua data sheet dari setiap komponen sistem tenaga listrik. Kemudian tekan menu *load flow analysis* pada menu *toolbar*



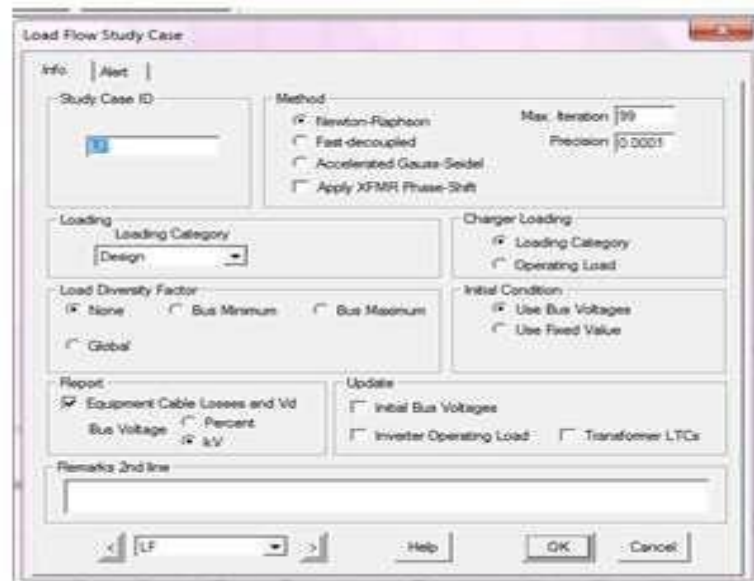
Gambar 4.2 *Load flow analysis*

Selanjutnya pilih menu *study case* yang terdapat pada *toolbar*



Gambar 4.3 *Study case*

Kemudian pada menu lampiran *load flow study case*, pilih metode Newton-Raphson.



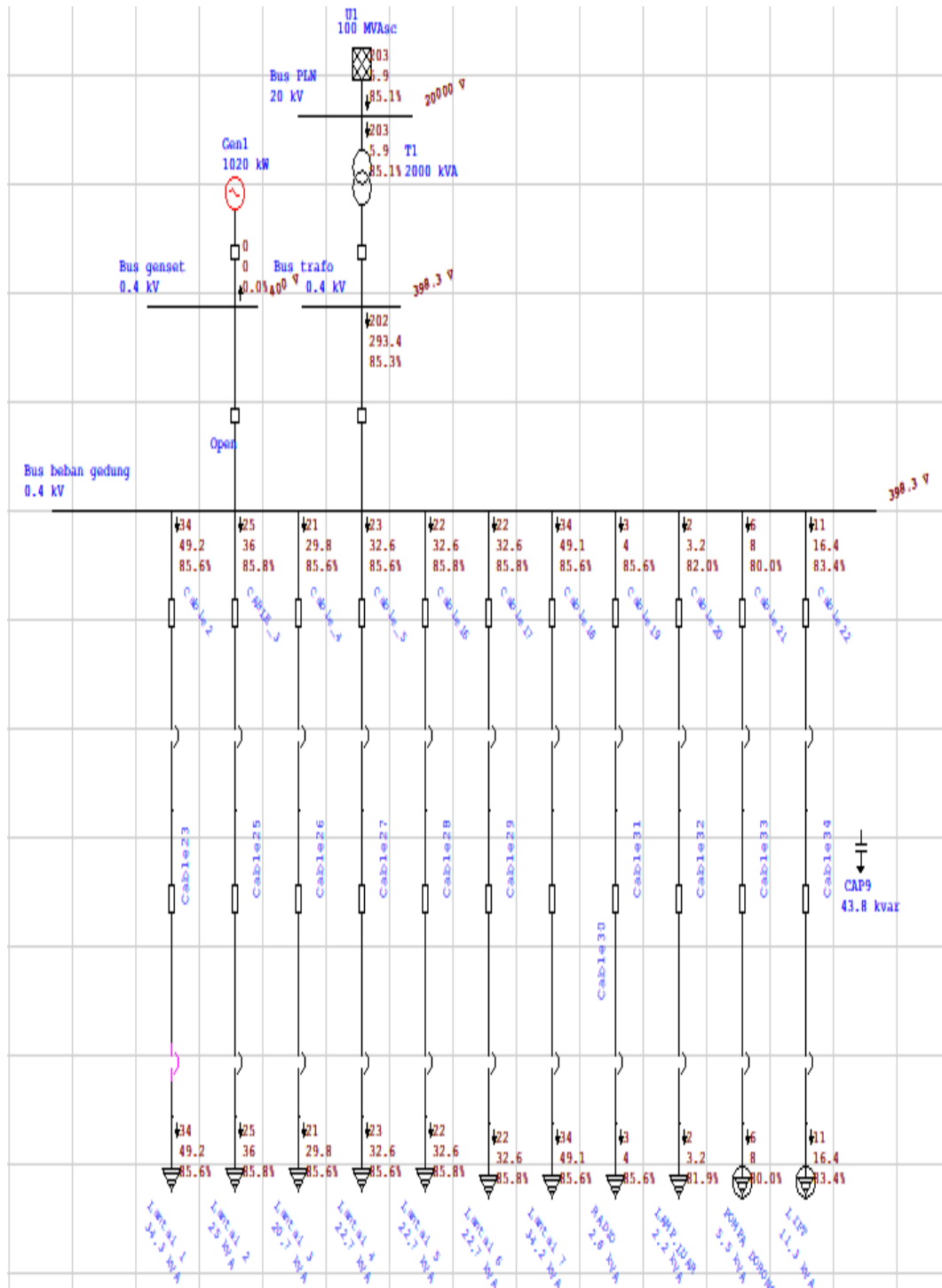
Gambar 4.4 *load flow study case*

Setelah memilih metode Newton-Raphson, pilih 'ok' lalu *run load flow* di menu sebelah kanan toolbar.



Gambar 4.5 *Run load flow*

Maka selanjutnya akan keluar hasil di wiring yang ada di tampilan *Software ETAP 12.6*.



Gambar 4.6 Hasil Setelah di run load flow

Untuk melihat hasil secara lengkap , pilih menu *toolbar load analyzer*, maka akan muncul laporan ditabel 4.1

LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	kW	kvar	kW	kvar	ID	kW	kvar	Amp	%PF	%Tap
Bus beban gedung	0.400	99.578	-0.3	0	0	0	0	Bus7	29.047	17.576	49.2	85.6	
								Bus8	21.292	12.769	36.0	85.8	
								Bus9	17.583	10.637	29.8	85.6	
								Bus10	19.266	11.653	32.6	85.6	
								Bus11	19.264	11.548	32.6	85.8	
								Bus12	19.261	11.545	32.5	85.8	
								Bus13	29.015	17.533	49.1	85.6	
								Bus14	4.859	2.668	8.0	87.7	
								Bus15	1.785	1.247	3.2	82.0	
								Bus16	4.400	3.300	8.0	80.0	
								Bus17	9.429	6.230	16.4	83.4	
								Bus trafo	-175.201	-106.705	297.3	85.4	
* Bus PLN	20.000	100.000	0.0	175.4	108.0	0	0	Bus trafo	175.419	108.013	5.9	85.2	
Bus trafo	0.400	99.578	-0.3	0	0	0	0	Bus PLN	-175.201	-106.705	297.3	85.4	
								Bus beban gedung	175.201	106.705	297.3	85.4	
Bus7	0.400	99.560	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-29.041	-17.575	49.2	85.6	
								Bus18	29.041	17.575	49.2	85.6	
Bus8	0.400	99.565	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-21.289	-12.769	36.0	85.8	
								Bus19	21.289	12.769	36.0	85.8	
Bus9	0.400	99.567	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-17.581	-10.637	29.8	85.6	
								Bus20	17.581	10.637	29.8	85.6	
Bus10	0.400	99.566	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-19.263	-11.653	32.6	85.6	
								Bus21	19.263	11.653	32.6	85.6	
Bus11	0.400	99.566	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-19.261	-11.547	32.6	85.8	
								Bus22	19.261	11.547	32.6	85.8	
Bus12	0.400	99.566	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-19.259	-11.544	32.5	85.8	
								Bus23	19.259	11.544	32.5	85.8	
Bus13	0.400	99.560	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-29.008	-17.532	49.1	85.6	
								Bus24	29.008	17.532	49.1	85.6	
Bus14	0.400	99.575	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-4.859	-2.668	8.0	87.7	
								Bus25	4.859	2.668	8.0	87.7	

Tabel 4.1 Hasil *load flow analyzer*

Untuk hasil daya aktif dan reaktif yang lebih jelas pada saluran beban menggunakan Software ETAP diubah ke tabel 4.2

No	Lokasi	Arus	Daya Aktif	Daya Reaktif	Daya Semu	%PF
		(A)	(KW)	(Kvar)	(Kva)	
1	Lantai 1	49.44	29,3	17.735	34.25	85.55
2	Lantai 2	36.16	21.48	12.888	25.05	85.75
3	Lantai 3	29.93	17.74	10.737	20.736	85.55
4	Lantai 4	32.8	19.44	11.767	22.724	85.55
5	Lantai 5	32.72	19.44	11.664	22.671	85.75
6	Lantai 6	32.72	19.44	11.664	22.671	85.75
7	Lantai 7	49.43	29.3	17.734	34.249	85.55
8	Radio	8.07	4.9	2.692	5.591	87.65
9	Pompa Dorong	7.94	4.4	3.3	5.5	80
10	Lamp.Luar	3.17	1.8	1.259	2.197	81.94
11	Lift	16.27	9.4	6.216	11.3	83.41

Tabel 4.2 hasil simulasi di gedung G Teknik

Hasil aliran daya pada ETAP seperti seperti pada tabel 4.2 terlihat dari setiap lantai. Aliran daya paling besar pada bagian Lantai 1 Karena memang rating pemakaian daya di lantai 1 paling besar. Hasil aliran daya sebesar daya aktif 29,3 KW, daya reaktif 17,735 KVar, daya semu 34,25 Kva, besarnya arus yang mengalir 49,44 A, dan faktor daya 85,55 % . Menurut persamaan daya pada sistem 3 fasa seimbang, maka:

- Daya pada bagian lantai 1 :
 - $S = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$
 - $= 400 \cdot 49,44 \cdot 1,73$
 - $= 17.106,24 \text{ Va} = 17,106 \text{ KVA}$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } P &= V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3} \\
 &= 400 \cdot 49.44 \cdot 0.85 \cdot 1,73 \\
 &= 29.080,608 \text{ W} = 29.080 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } Q &= V \cdot I \cdot \sin \varphi \cdot \sqrt{3} \\
 &= 400 \cdot 49.44 \cdot 0,53 \cdot 1,73 \\
 &= 18.132,61 \text{ Var} = 18,132 \text{ Kvar}
 \end{aligned}$$

4.2 Faktor daya (*power factor*)

Dilihat dari hasil data dan pensimulasian dapat dilakukan analisis menunjukkan kualitas daya dan faktor daya sebesar 85%. Untuk memperbaiki hal tersebut maka dapat dilakukannya pemasangan kapasitor bank sebagai kompensator daya reaktif. Sebelum dilakukannya pemasangan kapasitor bank tentunya kita harus mengetahui berapa nilai kapasitansi kapasitor bank yang kita butuhkan, dengan tujuan agar tidak terjadi kompensasi daya berlebih (*overcompensating*).

Berdasarkan dari hasil data dari pensimulasian untuk gedung G fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk total load bus apabila dalam keadaan tegangan puncak diketahui daya aktif (p) dan daya semu (s) sebesar 175,201 kW dan 205 kVA dan menghasilkan daya reaktif awal sebesar 106,705 kvar dan faktor daya sebesar 85.4%. untuk melihat hasil pemakaian daya aktif dalam sebulan sebagai berikut :

Pemakaian daya aktif dalam sebulan :

$$\begin{aligned}
 \text{KWH} &= \text{daya aktif} \times \text{jam operasional/hari} \times 26 \text{ hari/bulan} \\
 &= 175,201 \text{ kW} \times 7 \text{ jam/hari} \times 26 \text{ hari/bulan} \\
 &= 31.886,582 \text{ KWH/bulan}
 \end{aligned}$$

Pemakaian daya reaktif sebelum memasang kapasitor bank dalam sebulan :

$$\begin{aligned}
 \text{KVARH} &= \text{Daya reaktif} \times 7 \text{ jam/hari} \times 26 \text{ hari/bulan} \\
 &= 106,705 \text{ kvar} \times 7 \times 26 \\
 &= 19.420,310 \text{ KVARH}
 \end{aligned}$$

Untuk meningkatkan nilai $\cos \phi$ digedung G Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara penulis ingin meningkatkan $\cos \phi$ sebesar 0.94. maka diperlukan kebutuhan capasitor sebagai berikut :

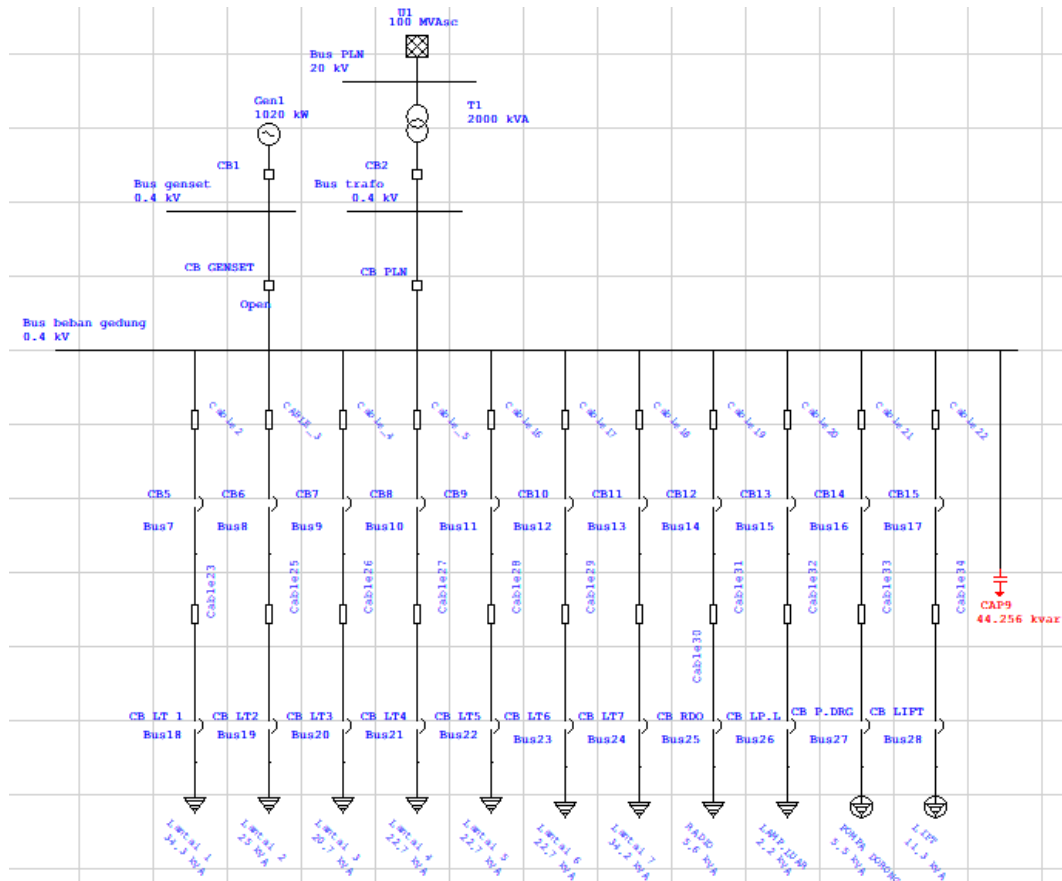
Diketahui daya aktif awal (p_1) dan daya semu awal (s_1) sebesar 175,201 kW dan 205 KVA dan menghasilkan daya reaktif awal sebesar 106,705 kvar. faktor daya 0.85 maka dibutuhkan besar kvar capasitor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Dik : } p_1 &= 175,201 \text{ Kw} \\ S_1 &= 205 \text{ kva} \\ Q_1 &= 106,705 \text{ kvar} \end{aligned}$$

Untuk faktor daya >0.94 dibutuhkan :

$$\begin{aligned} P_2 &= 175,201 \text{ Kw} \\ S_2 &= 175,201 \text{ kW} : 0.94 = 186 \text{ kva} \\ Q_2 &= \sqrt{S_2^2 - P_2^2} \\ Q_2 &= \sqrt{186^2 - 175,201^2} \\ Q_2 &= \sqrt{34.596 - 30.695,4} \\ Q_2 &= \sqrt{3.900} \\ Q_2 &= 62,449 \text{ Kvar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } Q_C &= Q_1 - Q_2 \\ Q_C &= 106,705 - 62,449 \\ Q_C &= 44,256 \text{ kvar} \end{aligned}$$

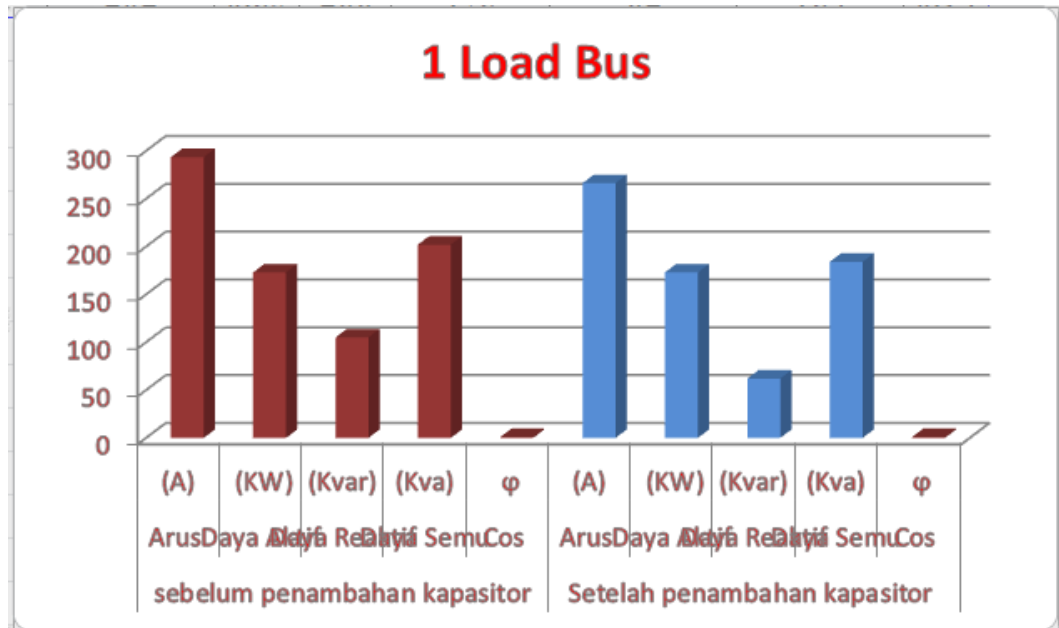


Gambar 4.7 wiring setelah penambahan kapasitor

LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag.	Ang.	kW	kvar	kW	kvar	ID	kW	kvar	Amp	%PF	%Tap
Bus beban gedung	0.400	99.714	-0.3	0	0	0.0	-44.0	Bus7	29.126	17.624	49.3	85.6	
								Bus8	21.350	12.804	36.0	85.8	
								Bus9	17.631	10.666	29.8	85.6	
								Bus10	19.319	11.685	32.7	85.6	
								Bus11	19.316	11.579	32.6	85.8	
								Bus12	19.314	11.576	32.6	85.8	
								Bus13	29.094	17.581	49.2	85.6	
								Bus14	4.872	2.676	8.0	87.7	
								Bus15	1.790	1.250	3.2	82.0	
								Bus16	4.400	3.300	8.0	80.0	
								Bus17	9.430	6.231	16.4	83.4	
								Bus trafo	-175.642	-62.968	270.1	94.1	
* Bus PLN	20.000	100.000	0.0	175.8	64.0	0	0	Bus trafo	175.822	64.047	5.4	94.0	
Bus trafo	0.400	99.714	-0.3	0	0	0	0	Bus PLN	-175.642	-62.968	270.1	94.1	
								Bus beban gedung	175.642	62.968	270.1	94.1	
Bus7	0.400	99.696	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-29.120	-17.623	49.3	85.6	
								Bus18	29.120	17.623	49.3	85.6	
Bus8	0.400	99.700	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-21.347	-12.803	36.0	85.8	
								Bus19	21.347	12.803	36.0	85.8	
Bus9	0.400	99.703	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-17.629	-10.666	29.8	85.6	
								Bus20	17.629	10.666	29.8	85.6	
Bus10	0.400	99.702	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-19.316	-11.684	32.7	85.6	
								Bus21	19.316	11.684	32.7	85.6	
Bus11	0.400	99.702	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-19.313	-11.579	32.6	85.8	
								Bus22	19.313	11.579	32.6	85.8	
Bus12	0.400	99.702	-0.3	0	0	0	0	Bus beban gedung	-19.311	-11.576	32.6	85.8	
								Bus23	19.311	11.576	32.6	85.8	

Tabel 4.3 hasil simulasi sesudah penambahan kapasitor



Gambar 4.8. Hasil daya sebelum dan sesudah penambahan kapasitor

Sebelum				Sesudah			
Daya Aktif	Daya Semu	Daya Reaktif	Cos ϕ	Daya Aktif	Daya Semu	Daya Reaktif	Cos ϕ
(KW)	(Kva)	Kvar		(KW)	(Kva)	Kvar	
175,201	206	106,741	0.85	175,642	187	62,968	0.94

Gambar 4.9 Hasil perbandingan Sebelum dan sesudah

Setelah dilakukan penambahan kapasitor sebesar 44,256 kvar didapat daya aktif dan daya semu sebesar 175,642 Kw dan 187 kva dan menghasilkan daya reaktif sebesar 62,968 kvar. Dari hasil diatas penurunan yang terjadi ini sangat baik dikarenakan pembiayaan rupiahnya juga menurun. Untuk melihat hasil Kvarh setelah penambahan kapasitor yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{KWH} &= \text{daya aktif} \times \text{jam operasional/hari} \times 26 \text{ hari/bulan} \\
 &= 175,642 \text{ kW} \times 7 \text{ jam/hari} \times 26 \text{ hari/bulan} \\
 &= 31.966,84 \text{ KWH/bulan}
 \end{aligned}$$

Pemakaian daya reaktif setelah memasang kapasitor bank dalam sebulan :

$$\begin{aligned} \text{KVARH} &= \text{Daya reaktif} \times 7 \text{ jam/hari} \times 26 \text{ hari/bulan} \\ &= 62,968 \text{ kvar} \times 7 \times 26 \\ &= 11.460,17 \text{ KVARH} \end{aligned}$$

Terjadi penurunan KVARH dalam sebulan sebesar 7.960,14 KVARH. Untuk mengetahui berapa banyak kapasitor yang dibutuhkan agar sesuai dengan Kvar tersebut :

$$\begin{aligned} \text{Dik} \quad Q &= 44.256 \text{ Kvar} = 44,256 \text{ Var} \\ V &= 400 \text{ V} \\ F &= 50 \text{ Hz} \\ \pi &= 3,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka} \quad C &= (\text{Var} / (2 \times \pi \times f \times V^2)) \times 10^6 \\ C &= 44,256 / (50285714,28) \times 10^6 \\ C &= 0,000880090 \times 10^6 \\ C &= 880,09 \mu\text{f} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas kebutuhan kapasitor dalam bentuk microfarad sebesar 880,09 μf . Untuk memasang kapasitor bank dalam jaringan listrik gedung G digunakan PFR (*Power Factor controller*) dengan 6 step dimana 1 step dibutuhkan 8 kvar. Dengan mengetahui nilai-nilai kompensasi daya reaktif setelah dilakukan perbaikan, maka dapat dicari nilai reaktansi kapasitifnya untuk mengetahui berapa total kapasitor yang akan dipakai untuk perbaikan faktor daya jika dinaikkan menjadi 0.94

$$\begin{aligned} I_c &= \frac{Q_c}{V_c} \\ I_c &= \frac{8000}{400} \\ &= 20 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelah I_c diketahui, maka mencari nilai X_c

$$X_c = \frac{V_c}{I_c}$$

$$X_c = \frac{400}{20}$$

$$= 20 \text{ ohm}$$

Besarnya nilai kapasitor dalam hubungan bintang dapat dicari dengan cara :

$$C = \frac{1}{\omega X_c}$$

Dimana diketahui bahwa :

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$X_c = 20 \text{ ohm}$$

Maka didapatkan harga C adalah :

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 20}$$

$$C = \frac{1}{6280} = 0,00015923 = 159 \mu\text{f}$$

Jadi besarnya nilai kapasitansi yang dibutuhkan dalam hubungan delta per fase adalah 159 mF. Sehingga total kapasitansi yang diperlukan adalah :

$$= \sqrt{3} \cdot \text{kapasitansi fase}$$

$$= \sqrt{3} \cdot 159$$

$$= 275,39 \mu\text{f}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian aliran daya listrik di Gedung G Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara bahwa kondisi sistem kelistrikan secara keseluruhan dalam kondisi baik dan sesuai persyaratan, dengan klasifikasi sebagai berikut :

1. Nilai daya pada gedung teknik sebesar daya aktif (P) 175,201 kW, daya semu (S) sebesar 206 kVA, dan daya reaktif (Q) sebesar 106,741 kvar dengan faktor daya sebesar 0,85
2. Faktor daya setelah ditambah kapasitor sebesar 44,256 kvar / 880,09 μ f digedung G Fakultas Teknik menjadi 0,94 dengan daya aktif sebesar (P) 175,642 kW, daya semu sebesar (S) 187 kVA, daya reaktif sebesar (Q) 62,968 kvar.
3. Untuk kvarh gedung teknik sebelum pemasangan kapasitor sebesar 19.420,310 kvarh/bulan sedangkan setelah penambahan kapasitor sebesar 11.460,17 kvarh/bulan
4. Untuk perhitungan jumlah kapasitor yang dibutuhkan 6 step kapasitor bank sebesar 10 Kvar untuk Gedung G Teknik

5.2 SARAN

Saran yang didapatkan dari analisa aliran daya menggunakan program ETAP adalah :

1. Hal-hal yang harus diperhatikan dari hasil simulasi program ETAP adalah alokasi daya aktif, daya reaktif dan tegangan yang diinginkan pada bus.
2. Hasil analisa aliran daya menggunakan ETAP di gedung G Fakultas teknik dapat dikembangkan untuk analisa transient stabilitas sistem kelistrikan di Gedung G Fakultas Teknik

universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3. Dengan penelitian dan hasil analisis ini diharapkan dapat menambah wawasan dalam ilmu pengetahuan bagi pembaca, sehingga untuk penelitian yang akan datang dapat menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

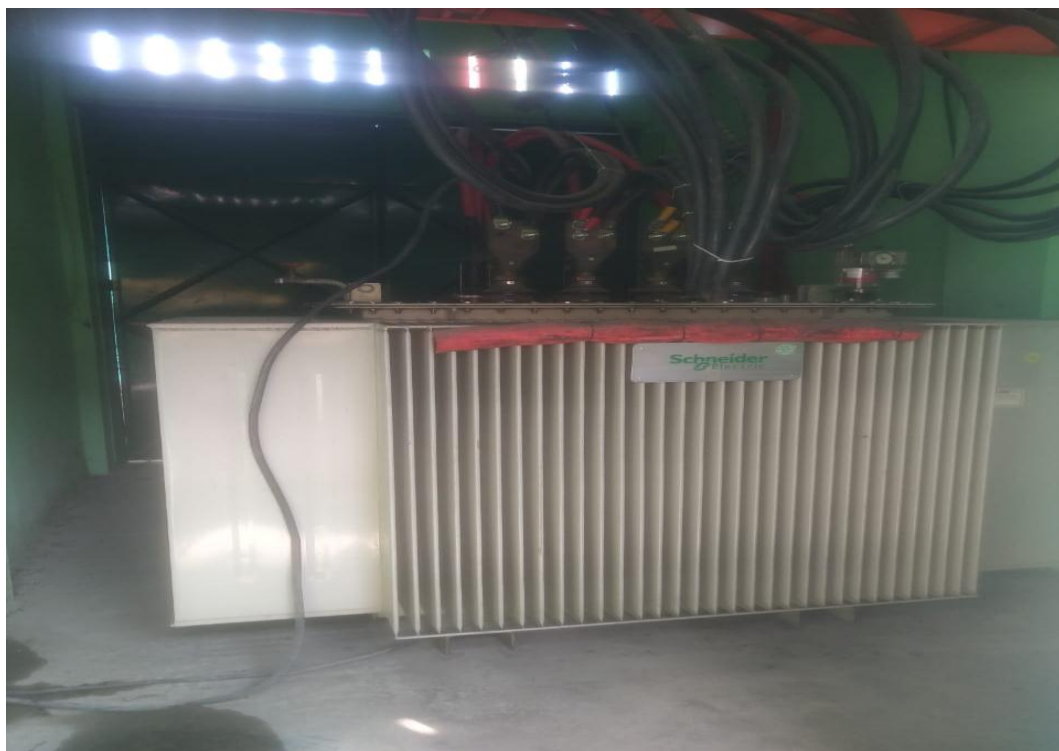
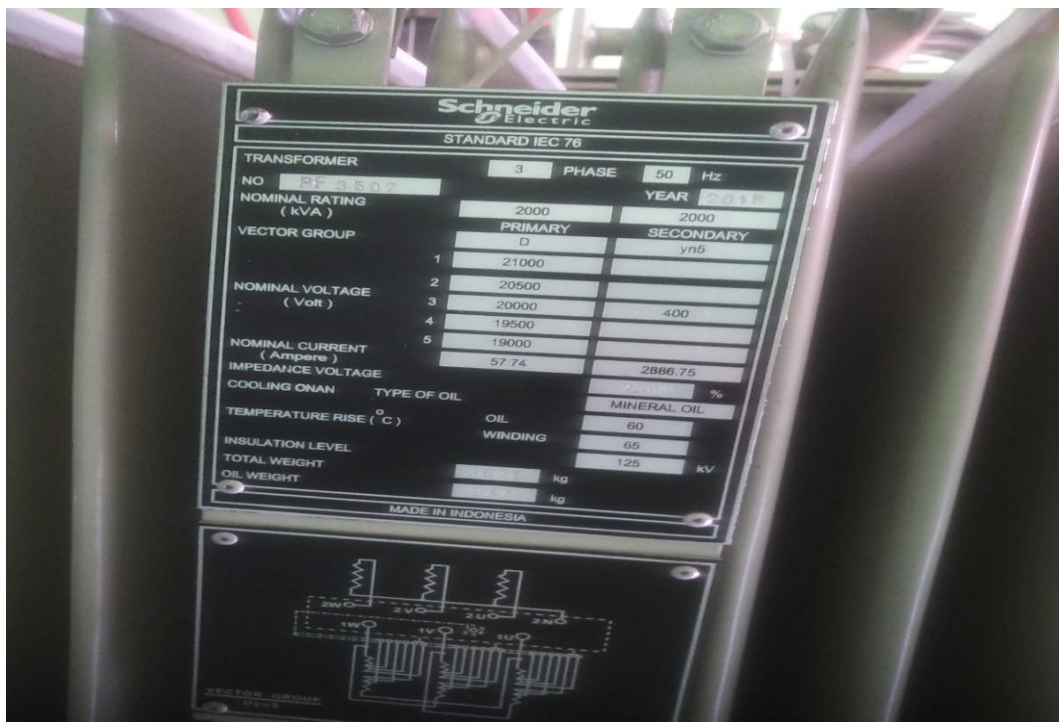
- Akbar, J., Notosudjono, D., & Machdi, A. R. (2017). Studi Evaluasi Perencanaan Kebutuhan Daya pada Instalasi Listrik di Gedung Harco Glodok Jakarta. *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Elektro, 1*, 1–10.
- Conference, E. N., Syukri, M., Muslimin, S., Pratama, D. A., Studi, P., Terapan, S., Elektro, T., Teknik, J., & Sriwijaya, P. N. (n.d.). *ANALISIS ALIRAN DAYA SISTEM KELISTRIKAN DI PT . SEMEN BATURAJA (PERSERO), TBK PABRIK PALEMBANG DENGAN SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE ELECTRICAL TRANSIENT ANALYSIS*. 318–326.
- Dani, A., & Hasanuddin, M. (2018). Perbaikan Faktor Daya Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus STT Sinar Husni). *Seminar Nasional Royal (SENAR), 998*(September), 673–678.
- Darusman, M. (2011). Analisa Kelayakan Pemasangan Kapasitor Bank Pada Gardu Distribusi Untuk Kemampuan Layanan di PT. EPI (Energi Pelabuhan Indonesia) Cabang Pontianak. *Elektro, 1*.
- HANDRIYANI, S., & SYLVIA. (2012). Analisa Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Biaya Listrik Di Kud Tani Mulyo Lamongan. *Undergraduate Thesis of Electrical Engineering, RSE 621.3 Han a , 2012*, 1–6.
- Kebutuhan, A., & Bank, C. (n.d.). *DI POLITEKNIK KOTA MALANG*. 105–118.
- Kumolo, C. (2016). Analisis Aliran Beban pada Sistem Tenaga Listrik di KSO Pertamina EP – GEO Cepu Indonesia Distrik 1 Kawangan menggunakan Software ETAP 12.6. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro, 16*(1), 1–15.
- Mukti, H. (n.d.). *Analisis Kinerja Transformator Tiga Belitan Sebagai Generator Step-Up Transformer*. 71–82.
- Mulya, R. A., Hakim, L., Despa, D., & Belakang, A. L. (2016). *Pemodelan Saluran Udara untuk Menghitung Impedansi Urutan dengan Metode Carson pada Penyulang Katu Gardu Induk Menggala PT . PLN (Persero) Distribusi Lampung. 10*(2).
- Pasaribu, F. I., Evalina, N., & Harahap, P. (2021). Inverter Starting Energy Saver Design For Electric Power Efficiency In Water Pumps. *Journal of Electrical Technology UMY, 5*(1), PRESS. <https://doi.org/10.18196/jet.v5i1.12096>
- Pramono, T. J., Soewono, S., & Elektro, T. (n.d.). *ANALISIS DROP TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH*.
- Salaman, R. dkk. (2013). Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT Unimed. *Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT Unimed*, 1–13.
- Sentosa Setiadji, J., Machmudsyah, T., & Isnanto, Y. (2008). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. *Jurnal Teknik Elektro, 7*(2), 59–63.

- Siregar, T. R., & Zakri, A. A. (2021). *Analisis kompensator seri menggunakan thyristor untuk sistem daya listrik*. 8.
- Sumardi, S., & Julianto, P. (2018). Analisa Aliran Daya Pada Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Sebatik Menggunakan Software ETAP Powerstation 12.6.0. *Elektrika Borneo*, 4(1), 19–23.
- Sunardiyo, S. (2009). Studi Analisis Aliran Beban (Load Flow) Sistem Tenaga Listrik Implementasi Pada Jaringan Kelistrikan Di Unnes. *Teknik-UNISFAT*, Vol.4(Maret 2009), 117–128.
- Wirandi, M., & Justiadi. (2020). Analisis Aliran Daya Pada Jalur Kelistrikan Gedung Menggunakan Aplikasi Etap 12.6.0. (Studi Kasus Gedung Program Studi Teknik Listrik Dan Instalasi Politeknik Industri Logam Morowali). *Proceeding SENDIU 2020, July*, 978–979.
- Yousif, N., Cole, J., Rothwell, J. C., Diedrichsen, J., Zelik, K. E., Winstein, C. J., Kay, D. B., Wijesinghe, R., Protti, D. A., Camp, A. J., Quinlan, E., Jacobs, J. V., Henry, S. M., Horak, F. B., Jacobs, J. V., Fraser, L. E., Mansfield, A., Harris, L. R., Merino, D. M., ... Dublin, C. (2018).

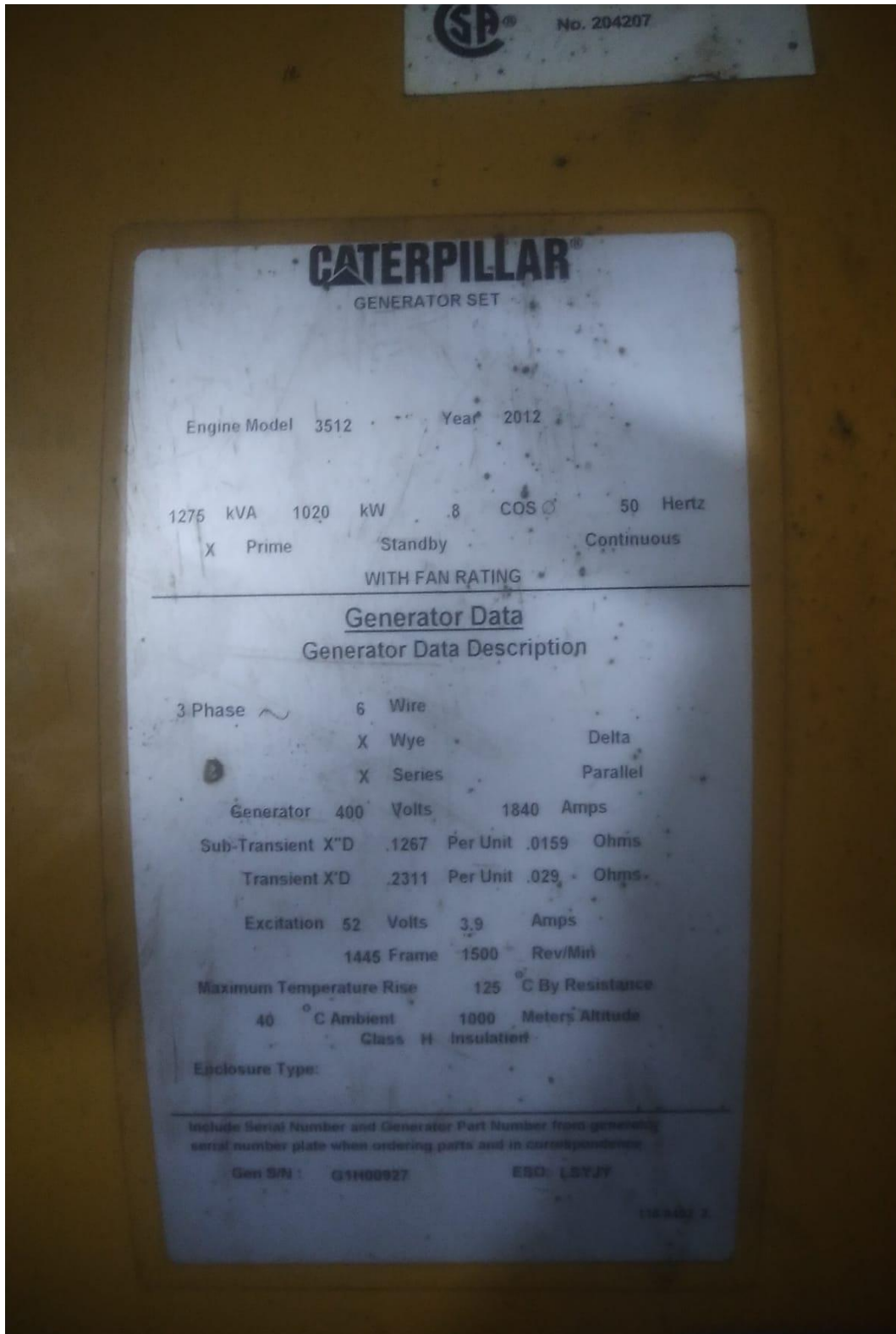
Lampiran 1 kapasitor



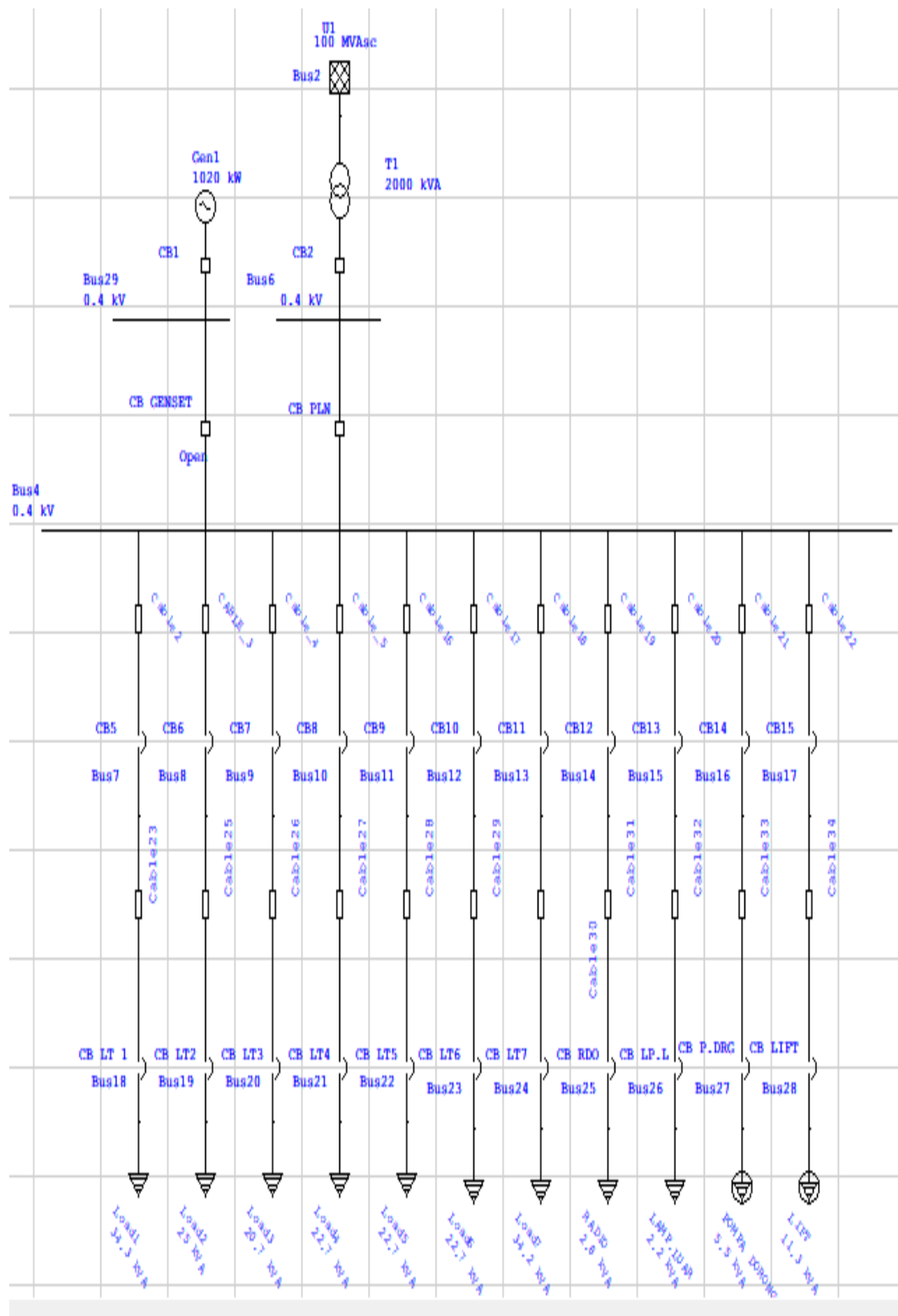
Lampiran 2 nameplate dan unit transformator



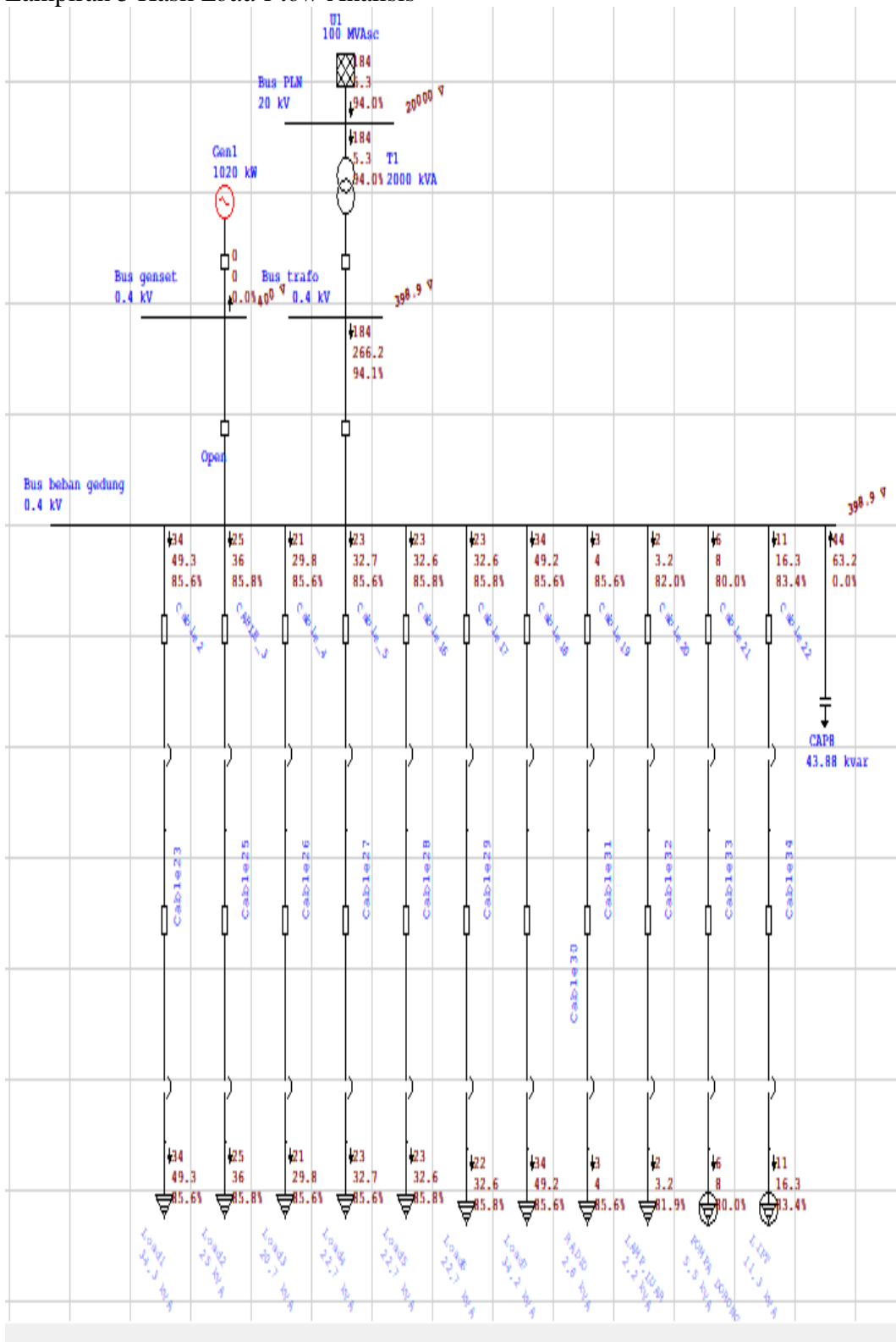
Lampiran 3 nameplate Generator




Lampiran 4 One Line Diagram Gedung



Lampiran 5 Hasil Load Flow Analysis



Lampiran 6 Surat Izin Riset

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH**
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
(UMSU)

Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAH-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631007
<https://umsu.ac.id> rektor@umsu.ac.id [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

Bila mengawali surat ini agar dibubuhkan nomor dan tanggalnya

Nomor : 1474 /II.3-AU/UMSU/F/2022
Lamp. : -
Hal : Izin Riset

16 Sya'ban 1443 H
19 Maret 2022 M

Kepada Yth :
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
di-
Medan.

Assalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh


Dengan hormat, teriring salam dan do'a semoga Saudara dan jajaran selalu berada dalam naungan Allah SWT. Dan dimudahkan dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari. Amin.


Dengan hormat, menindaklanjuti surat dari Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Nomor: 442/II.3-AU/UMSU-07/F/2022 tanggal 15 Maret 2022 perihal Izin Riset, maka bersama ini kami memberikan izin Riset di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) sebagai berikut:

Nama : **Rahmat Permadi**
NPM : 1707220030
Jurusan : Teknik Elektro
Semester : X (Sepuluh)
Judul : Analisis Aliran Daya Pada Jalur Kelistrikan Gedung Fakultas Teknik UMSU Menggunakan Software Etap 12.6


Demikian hal ini kami disampaikan, atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

a.n. Rektor
Wakil Rektor I

Prof. Dr. M.H. Arifin, S.H., M.Hum
NIP. 195701131987031002



Tembusan :
1. Bapak Rektor sebagai laporan;
2. Yang bersangkutan
3. Peringgal.



Lampiran 7 Panel LMVDP dan SDP



Lampiran 8 Kegiatan Penelitian



Lampiran 9 Penetapan Tarif *Adjustment* Tahun 2017



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

JULI - SEPTEMBER 2022

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

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.

**) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP.

Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.

Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

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





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

WBP : Waktu Beban Puncak.

LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Lampiran 10 Data Beban





Lantai I

No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)		
						R	S	T
		TL 2x36 W	DL 18 W	Stop kontak 200 W	Stop kontak AC			
16 A	1 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	8			360		360
16 A	2 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	8				360	
16 A	3 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	8					
16 A	4 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		10			180		180
16 A	5 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		10				180	
16 A	6 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		10					
16 A	7 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			8		1600		1600
16 A	8 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			8			1600	
16 A	9 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			7				
16 A	10 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			6		1200		1800
16 A	11 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			8			1800	
16 A	12 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			6				
16 A	13 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		1700
16 A	14 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
16 A	15 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			
16 A	16 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		1700
16 A	17 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
16 A	18 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			
16 A	19 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		1700
16 A	20 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
16 A	21 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			
16 A	22 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				1	850		1700
16 A	23 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
16 A	24 Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				1			
16 A	25 Spare							850
16 A	26 Spare							
16 A	27 Spare							
Jumlah		9	54	43	22	9290	10740	9090
Total Beban						29120		

NTFCGBY 4X16 mm2
Dari Panel MCB

MCB
160 A

Lantai 2





	No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)		
							R	S	T
			TL 2x36 W	DL 18 W	Stop kontak 200 W	Stop kontak AC			
16 A	1	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	5			306		
16 A	2	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	5				306	
16 A	3	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	5					306
16 A	4	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		9			162		
16 A	5	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		8				144	
16 A	6	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		7					126
16 A	7	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			6		1200		
16 A	8	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			6			1200	
16 A	9	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			6				1200
16 A	10	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			6		1200		
16 A	11	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			6			1200	
16 A	12	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			6				1200
16 A	13	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		
16 A	14	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
16 A	15	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			1700
16 A	16	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700		
16 A	17	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2		1700	
16 A	18	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			1700
16 A	19	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				1	850		
16 A	20	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				1		850	
16 A	21	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				1			850
16 A	22	Spare							
16 A	23	Spare							
16 A	24	Spare							
16 A	25	Spare							
16 A	26	Spare							
16 A	27	Spare							
Jumlah			9	39	36	15	7.118	7100	7.082
Total Beban							21300		

NTFGBY 4X16 mm2

Dari Panel MCB

MCB
160 A

Lantai 3

	No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)		
							R	S	T
			TL 2x36 W	DL 18 W	Stop kontak 200 W	Stop kontak AC			
16 A	1	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6			324		
16 A	2	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6				324	
16 A	3	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6					324
16 A	4	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		7			126		
16 A	5	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		8				144	
16 A	6	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		8					144
16 A	7	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3		600		
16 A	8	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3			600	
16 A	9	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				600
16 A	10	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3		600		
16 A	11	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3			600	
16 A	12	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				600
16 A	13	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2	1700	
16 A	14	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	15	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	16	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2	1700	
16 A	17	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	18	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	19	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					1	850	
16 A	20	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					1		850
16 A	21	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					1		850
16 A	22	Spare							
16 A	23	Spare							
16 A	24	Spare							
16 A	25	Spare							
16 A	26	Spare							
16 A	27	Spare							
Jumlah			9	41	18	15	5900	5.918	5.918
Total Beban							17.736		





NTFCBY 4X16 mm2

Dari Panel MCB





MCB

160 A

Lantai 4

	No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)				
							R	S	T		
			TL 2x36W	DL 18W	Stop kontak 200W	Stop kontak AC					
NTPGBY 4X16 mm ² Dari Panel MCB	MCB 160 A	16 A	1	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe	3	6			324	324	324
		16 A	2	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe	3	6					
		16 A	3	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe	3	6					
		16 A	4	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe		7			126	144	144
		16 A	5	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe		8					
		16 A	6	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe		8				600	
		16 A	7	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe			3		600		
		16 A	8	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe			3		600		
		16 A	9	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe			3			600	
		16 A	10	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe			3		600		
		16 A	11	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe			3		600		
		16 A	12	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe			3			1700	
		16 A	13	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				2	1700		
		16 A	14	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				2	1700		
		16 A	15	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				2		1700	
		16 A	16	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				2	1700		
		16 A	17	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				2	1700		
		16 A	18	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				2		1700	
		16 A	19	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				2	1700		
		16 A	20	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				2	1700		
		16 A	21	Nym 3 x 2.5 mm ² in conduit pipe				1		850	
		16 A	22	Spare							
		16 A	23	Spare							
		16 A	24	Spare							
		16 A	25	Spare							
		16 A	26	Spare							
		16 A	27	Spare							
Jumlah			9	41	18	17	6750	6.768	5.918		
Total Beban							19.436				

Lantai 5





	No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)		
							R	S	T
			TL 2x36W	DL 18W	Stop kontak 200W	Stop kontak AC			
16 A	1	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6			324	324	
16 A	2	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6					
16 A	3	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6					
16 A	4	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		7			126	144	
16 A	5	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		8					
16 A	6	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		8					
16 A	7	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3		600	600	
16 A	8	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				
16 A	9	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				
16 A	10	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3		600	600	
16 A	11	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				
16 A	12	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				
16 A	13	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700	1700	
16 A	14	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			
16 A	15	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			
16 A	16	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700	1700	
16 A	17	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			
16 A	18	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			
16 A	19	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2	1700	1700	
16 A	20	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				2			
16 A	21	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe				1			
16 A	22	Spare						850	
16 A	23	Spare							
16 A	24	Spare							
16 A	25	Spare							
16 A	26	Spare							
16 A	27	Spare							
Jumlah			9	41	18	17	6750	6.768	5.918
Total Beban							19.436		

NTPGBY 4X16 mm2

Dari Panel MCB

MCB
160 A

Lantai 6





	No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)		
							R	S	T
			TL 2x36 W	DL 18 W	Stop kontak 200 W	Stop kontak AC			
16 A	1	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6			324		
16 A	2	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6				324	
16 A	3	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	3	6					324
16 A	4	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		7			126		
16 A	5	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		8					144
16 A	6	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		8					144
16 A	7	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3		600		
16 A	8	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3			600	
16 A	9	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				600
16 A	10	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3		600		
16 A	11	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3			600	
16 A	12	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			3				600
16 A	13	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2	1700	
16 A	14	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	15	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	16	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2	1700	
16 A	17	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	18	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	19	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2	1700	
16 A	20	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700
16 A	21	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					1		850
16 A	22	Spare							
16 A	23	Spare							
16 A	24	Spare							
16 A	25	Spare							
16 A	26	Spare							
16 A	27	Spare							
Jumlah			9	41	18	17	6750	6.768	5.918
Total Beban							19.436		

NTFCBY 4X16 mm2

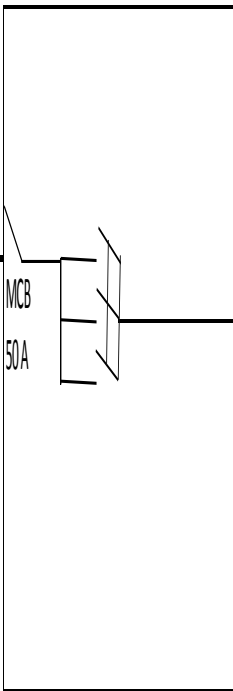
Dari Panel MCB

MCB
160 A

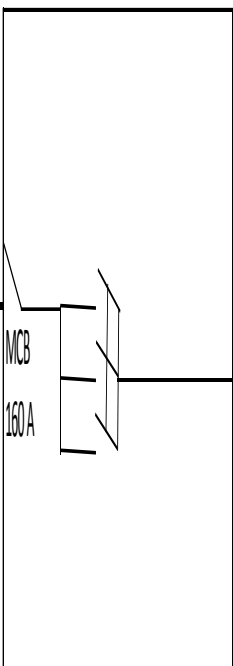
Lantai 7

	No	Kabel Penghantar	Komponen Listrik				BEBAN (W)					
							R	S	T			
			TL 2x36 W	DL 18 W	Stop kontak 200 W	Stop kontak AC						
NTPGBY 4X16 mm2 Dari Panel MCB	MCB 16 A	16 A	1	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe								
		16 A	2	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	5	10				540		
		16 A	3	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	5	11						558
		16 A	4	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		2			36			
		16 A	5	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		10					180	
		16 A	6	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe		8						144
		16 A	7	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			1		200			
		16 A	8	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			4				800	
		16 A	9	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			4					800
		16 A	10	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			1		200			
		16 A	11	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			4				800	
		16 A	12	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe			4					800
		16 A	13	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					1	850		
		16 A	14	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2		1700	
		16 A	15	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe					2			1700
		16 A	16	Nym 4x 2.5 mm2 in conduit pipe					1	5000		
		16 A	17	Nym 4x 2.5 mm2 in conduit pipe					1		5000	
		16 A	18	Nym 4x 2.5 mm2 in conduit pipe					1			5000
		16 A	19	Nym 4x 2.5 mm2 in conduit pipe					1	5000		
		16 A	20	Spare								
		16 A	21	Spare								
		16 A	22	Spare								
		16 A	23	Spare								
		16 A	24	Spare								
		16 A	25	Spare								
		16 A	26	Spare								
		16 A	27	Spare								
Jumlah					9	41	18	9	11.286	9020	9.002	
Total Beban								29.308				

Pompa Dorong

<p>NTFCBY 4X16 mm² Dari Panel MCB</p>  <p>MCB 50 A</p>	No	Kabel Penghantar	☐	BEBAN (W)
			Pompa Dorong Booster 1.1 KW	
		Nym 4 x 2.5 mm ² in conduit pipe	4	4400
		Jumlah	4	4400
		Total Beban		4400

Lift

<p>NTFCBY 4X16 mm² Dari Panel MCB</p>  <p>MCB 160 A</p>	No	Kabel Penghantar	☐	BEBAN (W)
			Pompa Dorong Booster 1.1 KW	
		Nym 4 x 4 mm ² in conduit pipe	1	9400
		Jumlah	1	9400
		Total Beban		9400

Penerangan lampu luar

No	Kabel Penghantar	BEBAN (W)			
		Lampu sorot Led 100W	R	S	T
1	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	6	600		
2	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	6		600	
3	Nym 4x 2.5 mm2 in conduit pipe	6		600	
Jumlah		18	600	600	
Total Beban			1800		

Ruangan Radio

No	Kabel Penghantar	BEBAN (W)					
		Stop kontak 200W	Stop kontak AC	Stop Kontak 3 ph	R	S	T
1	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	4			800		
2	Nym 3x 2.5 mm2 in conduit pipe	4				800	
3	Nym 4x 2.5 mm2 in conduit pipe	4				800	
4	Nym 4x 2.5 mm2 in conduit pipe			2500	2500		
Jumlah		16		1	800	800	
Total Beban					2500		
Total Beban					4900		