

MODUL ETAP



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISKANDAR MUDA
2016**

PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, atas Rachmat dan Karunia-Nya bahwa Modul Etap bagi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Iskandar Muda dapat diselesaikan.

Buku Modul Etap ini disusun sebagai acuan bagi mahasiswa dalam desain/perencanaan sistem kelistrikan, sehingga mahasiswa selain dapat menghitung secara manual juga dapat mahir menggunakan aplikasi ini dengan menggunakan program Etap.

Menyadari adanya kekurangan dalam penyusunan modul ini, maka saran yang sifatnya membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penyusunan modul ini untuk waktu berikutnya.

Semoga keberadaan modul ini dapat bermanfaat khususnya bagi mahasiswa Teknik Elektro

Penyusun,

Nazaruddin, S.T, M.T

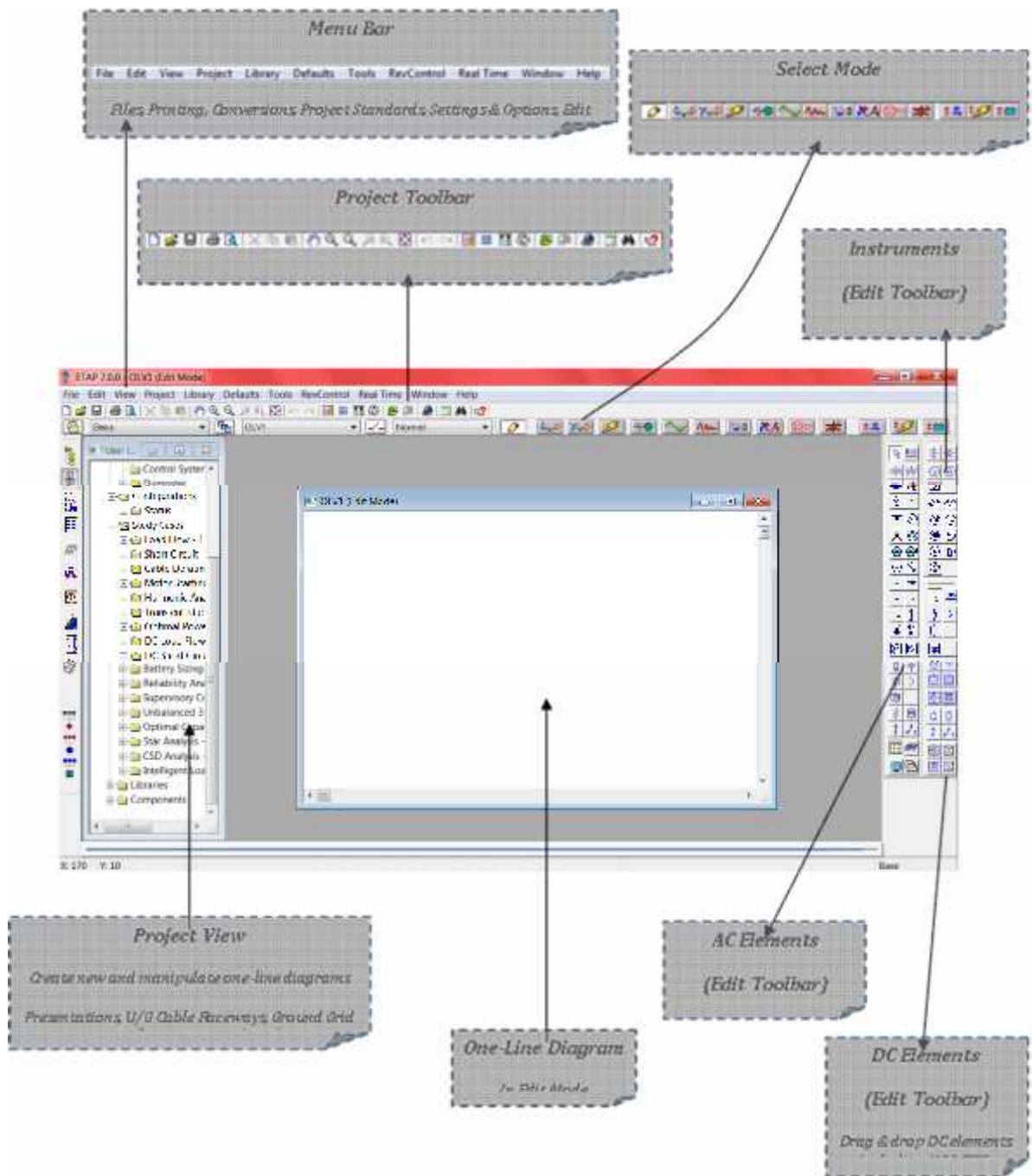
PENDAHULUAN

Dalam perancangan dan analisis sebuah sistem tenaga listrik, sebuah software aplikasi sangat dibutuhkan untuk merepresentasikan kondisi real. Hal ini dikarenakan sulitnya meng-uji coba suatu sistem tenaga listrik dalam skala yang besar terhadap kondisi transien yang ekstrim. ETAP Power Station 6.0.0 merupakan salah satu software aplikasi yang banyak digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik. Secara umum ETAP dapat digunakan untuk simulasi hasil perancangan dan analisis suatu sistem tenaga listrik yang meliputi:

1. Menggambarkan denah beban-beban
2. Men-setting data-data beban dan jaringan
3. Merancang diagram satu garis (One Line Diagram)
4. Menganalisis aliran daya (Load Flow)
5. Menghitung gangguan hubung singkat (Short Circuit)
6. Menganalisis Motor Starting atau keadaan Transien.

Setiap komponen Sistem Tenaga Listrik dapat digambarkan dalam worksheet atau ruang kerja program dengan lambang-lambang tertentu. Spesifikasi masing-masing komponen dapat disesuaikan keadaan sebenarnya atau kondisi nyata di lapangan. Spesifikasi ini juga dapat dipilih sesuai data umumnya yang dapat diambil dari library atau data yang ada pada program. Misalnya, panjang dan ukuran kabel, kapasitas dan rating trafo, kapasitas dan tegangan beban dan lain-lain.

Adapun tampilan Program ETAP Power Station sebagaimana tampak ada gambar berikut:



Tampilan program ETAP dan keterangan singkatnya

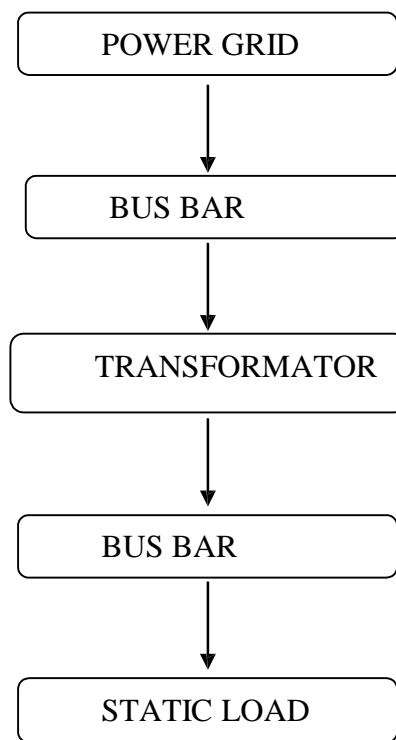
PRAKTIKUM 1

PENGENALAN PROGRAM ETAP

A. TUJUAN PRAKTIKUM

1. Dapat memahami cara pengoperasian program software ETAP.
2. Dapat menggambar diagram segaris sistem tenaga listrik dan setting beberapa komponennya pada software ETAP.
3. Dapat menjalankan simulasi aliran daya (Load Flow) untuk menganalisis turun tegangan dan rugi daya yang terjadi pada sistem yang dibuat.

B. GAMBAR SISTEM



Komponen Sistem Tenaga Listrik yang digunakan.

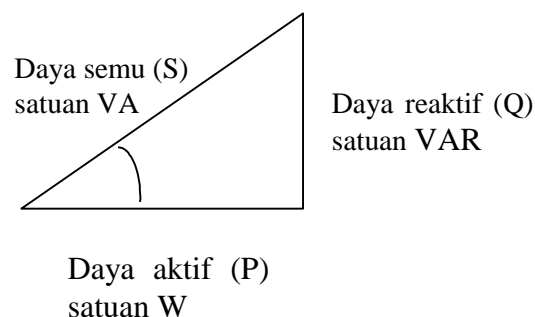
1. Power Grid merupakan sumber tegangan yang ideal, artinya sumber tegangan yang mampu mensuplai daya dengan tegangan tetap sekalipun daya yang diserap cukup besar. Power Grid dapat berupa sebuah generator yang besar, atau sebuah Gardu Induk yang merupakan bagian dari sebuah sistem tenaga listrik interkoneksi yang cukup besar.
2. Transformator atau trafo adalah sebuah alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangan sistem. Spesifikasi yang pokok pada sebuah trafo adalah:
 - Kapasitas trafo yaitu daya maksimum yang dapat bekerja pada trafo terus-menerus tanpa mengakibatkan kerusakan.

- Tegangan primer dan sekunder trafo.
 - Impedansi trafo yang merupakan gabungan antara resistansi kawat dan reaktansi kumparan trafo.
 - Tap trafo yang dapat digunakan untuk mengubah perbandingan antara kumparan primer dengan kumparan sekunder dari perbandingan semula.
3. Busbar atau sering disingkat bus, yaitu tempat penyambungan beberapa komponen sistem tenaga listrik (saluran transmisi, jaringan distribusi, Power Grid, beban atau generator). Level tegangan bus disesuaikan dengan level tegangan yang dihubungkan dengan bus tersebut.
 4. Beban yaitu peralatan listrik yang memanfaatkan atau menyerap daya dari jaringan. Salah satu jenis beban sistem tenaga listrik adalah Static load, merupakan beban yang tidak banyak mengandung motor listrik, sehingga tidak banyak mempengaruhi tegangan sistem ketika start. Spesifikasi yang pokok pada sebuah Static Load adalah kapasitas daya dan faktor daya atau $\cos \theta$.

Daya listrik dan faktor daya.

Pada listrik arus bolak-balik dikenal tiga besaran daya yang biasanya disebut segitiga daya yang digambarkan dengan sebuah segitiga siku-siku, yaitu:

- Daya aktif atau daya nyata, merupakan daya yang diserap beban yang selanjutnya diubah menjadi energi lain. Daya aktif mempunyai satu watt (W). Daya aktif ini digambarkan sebagai sisi mendatar segitiga daya.
- Daya reaktif, merupakan daya yang diserap beban yang mengandung lilitan yang selanjutnya diubah menjadi medan magnet pada motor atau trafo. Daya reaktif mempunyai satuan volt-ampere-reaktif (VAR). Daya aktif ini digambarkan sebagai sisi tegak segitiga daya.
- Daya semu, merupakan gabungan atau penjumlahan kedua besaran daya tersebut. Daya semu mempunyai satu volt-ampere (VA). Daya aktif ini digambarkan sebagai sisi miring segitiga daya. Daya inilah yang harus dikirim oleh sumber ke beban melalui saluran atau jaringan.



Hubungan ketiga besaran daya tersebut dinyatakan dengan:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \text{ atau sering dinyatakan dalam bentuk } S = P + j Q$$

Pada segitiga daya, antara daya semu (S) dan daya aktif (P) akan membentuk sudut tertentu (θ), yang besarnya dipengaruhi oleh nilai masing-masing daya tersebut. Sudut inilah yang menjadikan adanya nilai faktor daya atau $\cos \theta$ yang merupakan

perbandingan antara daya aktif dengan daya semu. Daya semu (S) inilah yang mempengaruhi nilai arus yang mengalir pada jaringan. Hubungan antara tegangan dan arus jaringan adalah:

Daya semu = tegangan sistem x arus yang mengalir pada jaringan

$$\text{atau } S = V \times I$$

Daya aktif = daya semu x faktor daya

$$\text{atau } P = S \times \cos \theta$$

C. DATA PERCOBAAN

Untuk Percobaan 1, data komponen sistem tenaga listrik yang di-setting sbb.:

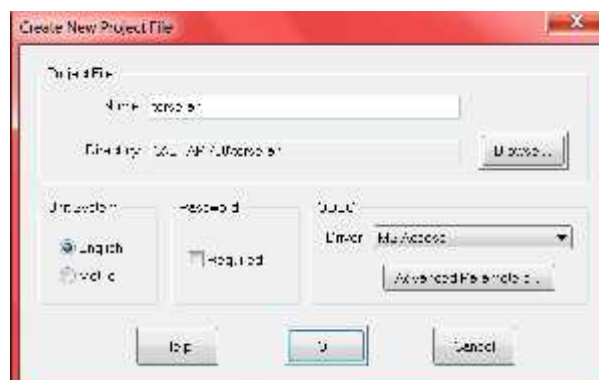
- a. Power Grid 150 kV
- b. Bus Bar 150 kV; initial : 100% V, angle 0;
- c. Transformator Step-down 150/20 kV; Kapasitas 50 MVA
- d. Bus Bar 20 kV; initial 100% V, angle 0;
- e. Static Load 40 MVA; power faktor atau faktor daya (pf) 90%

D. LANGKAH PERCOBAAN 1

1. Untuk membukan program ETAP klik icon **ETAP**



2. Beri **nama file** sesuai nama Anda

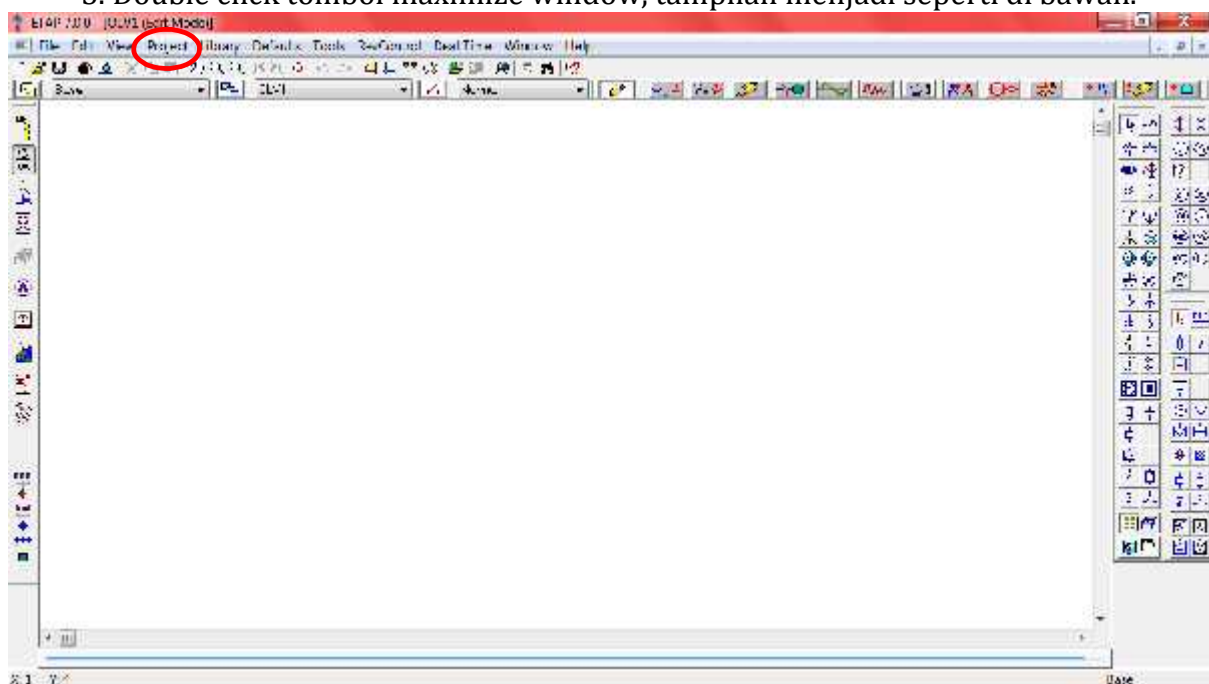


3. Klik OK

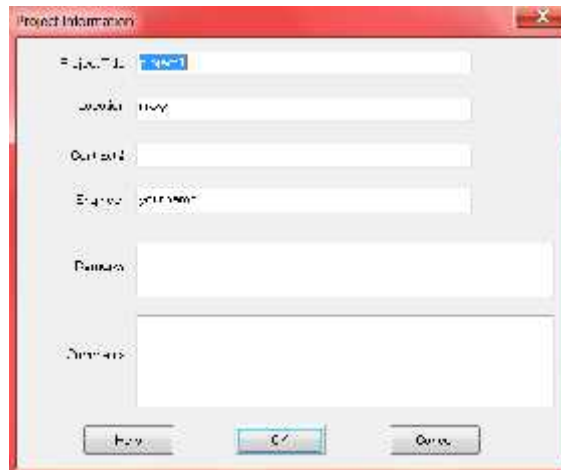
4. Pada layar akan muncul tampilan seperti dibawah.



5. Double click tombol maximize window, tampilan menjadi seperti di bawah.



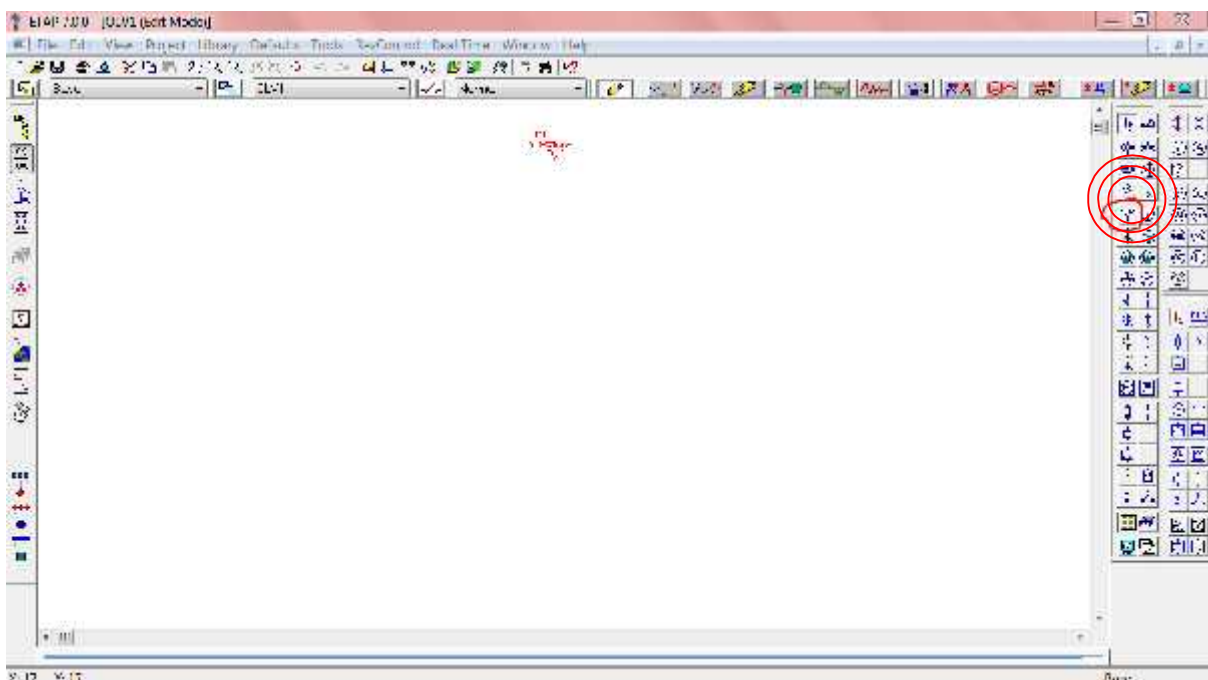
6. Pada menu bar, klik **Project** → **Information** lalu isikan data seperti di bawah.



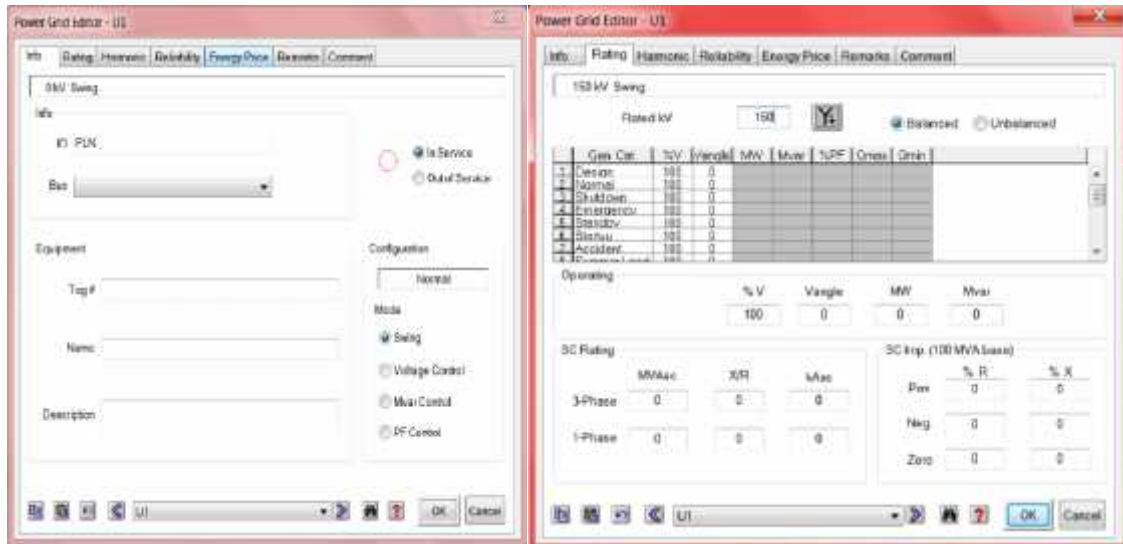
7. Pada menu bar, **Project** → **Standards** lalu isikan data seperti di bawah ($f = 50\text{Hz}$)



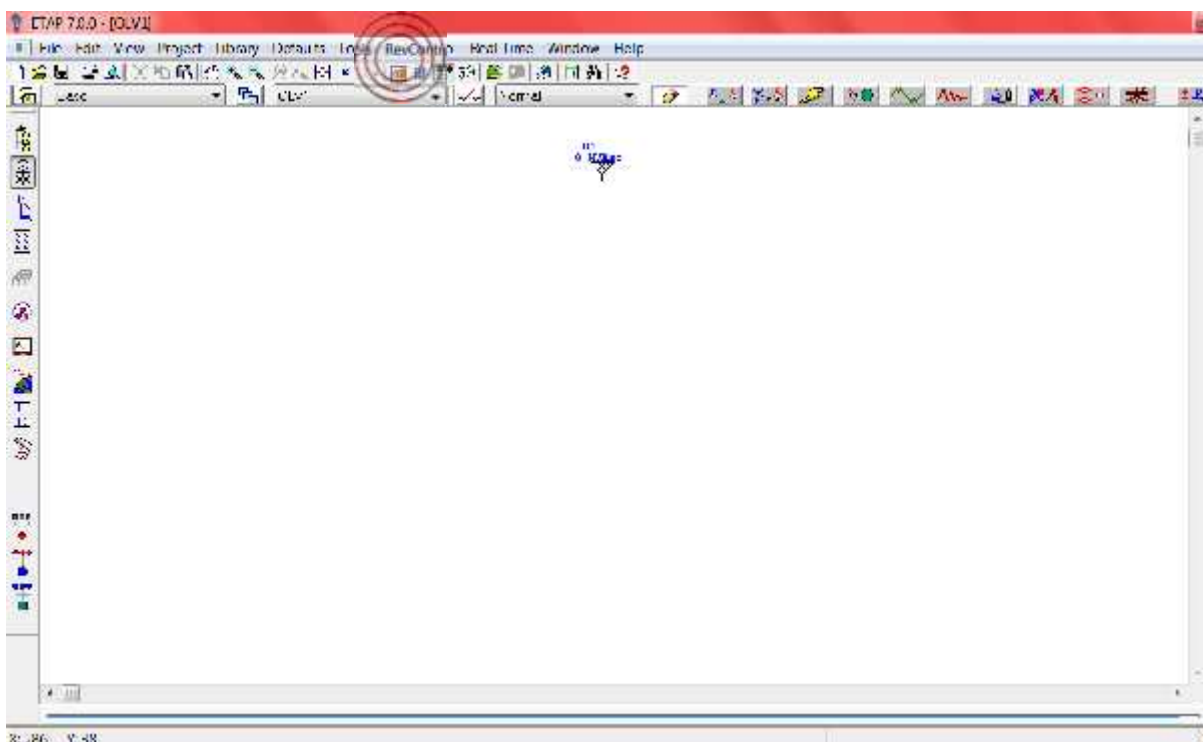
8. Klik **Power Grid** satu kali pada AC element, lalu klik satu kali pada one line diagram untuk meletakkannya.



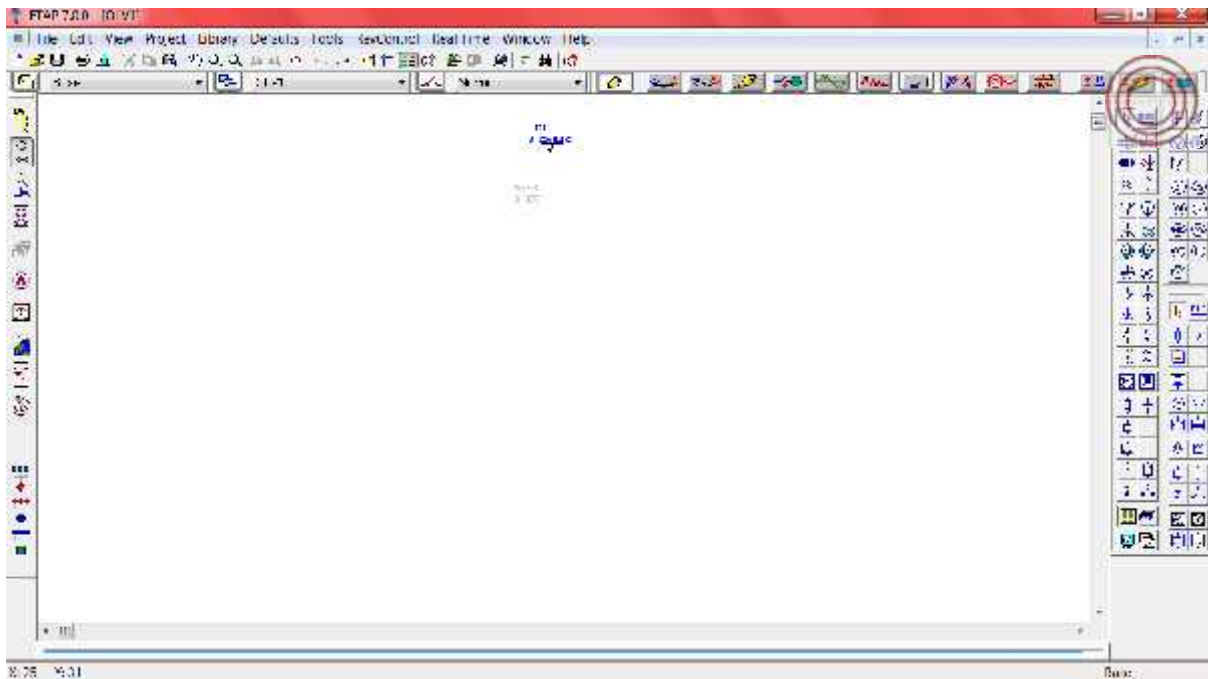
- Double click pada Power Grid, lalu isikan data pada tab Info dan Rating Power Grid 150 kV sesuai dengan data percobaan di atas.



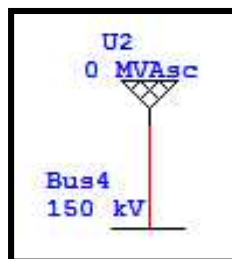
- Pada **project** toolbar, klik **circuit continuity**.



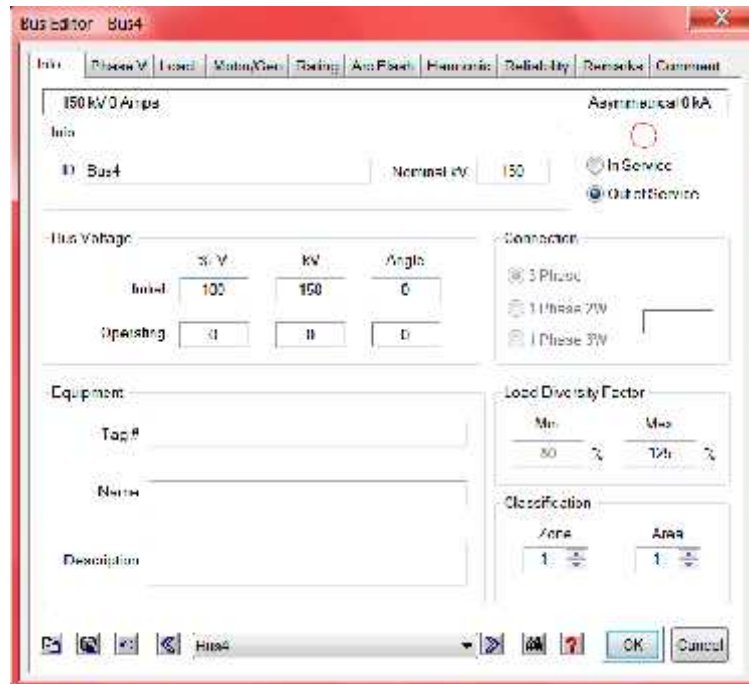
11. Klik **Bus Bar** satu kali pada AC element, lalu klik satu kali pada one line diagram untuk meletakkannya.



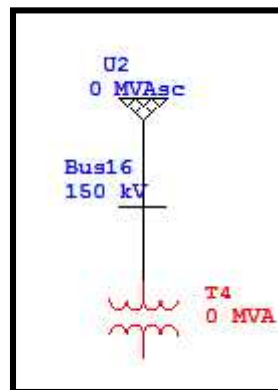
12. Hubungkan Power Grid dengan Bus Bar dengan meng-click and drag ujung Power Grid ke Bus Bar. Jika benar, warna Bus Bar akan berubah, tidak abu-abu lagi.



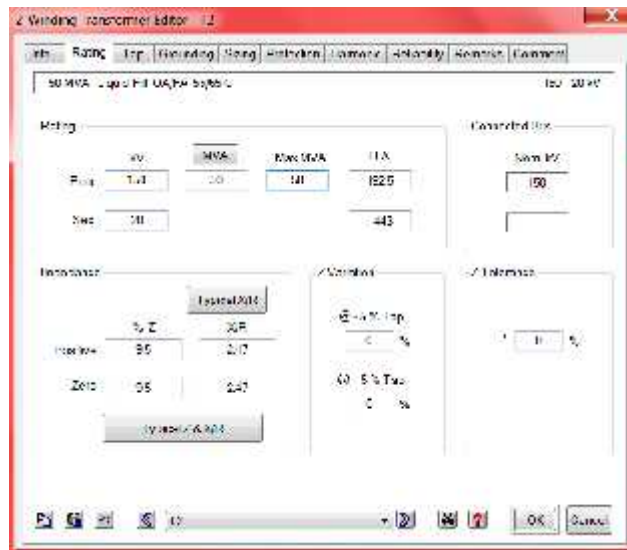
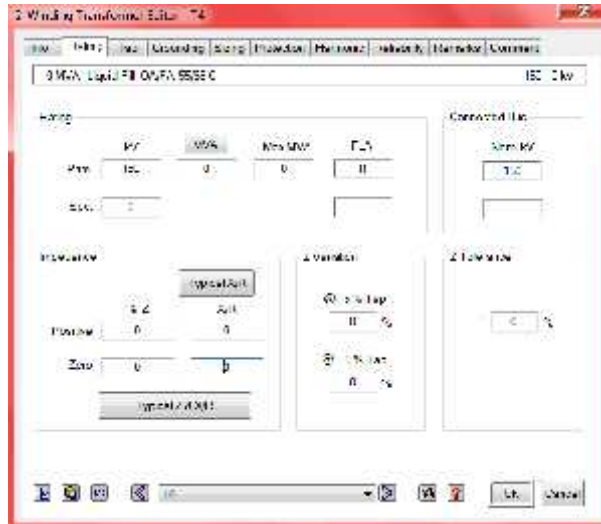
13. Double click pada Bus, lalu isi kan data pada tab Info sesuai dengan data percobaan di atas.



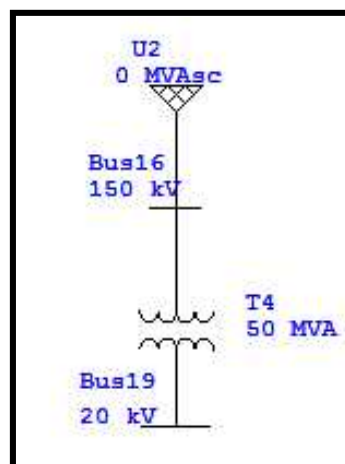
- Tempatkan 2-Winding Transformer dari AC element lalu hubungkan dengan Bus dengan cara menarik dari ujung Transformer ke Bus bar hingga terbentuk gambar di bawah.



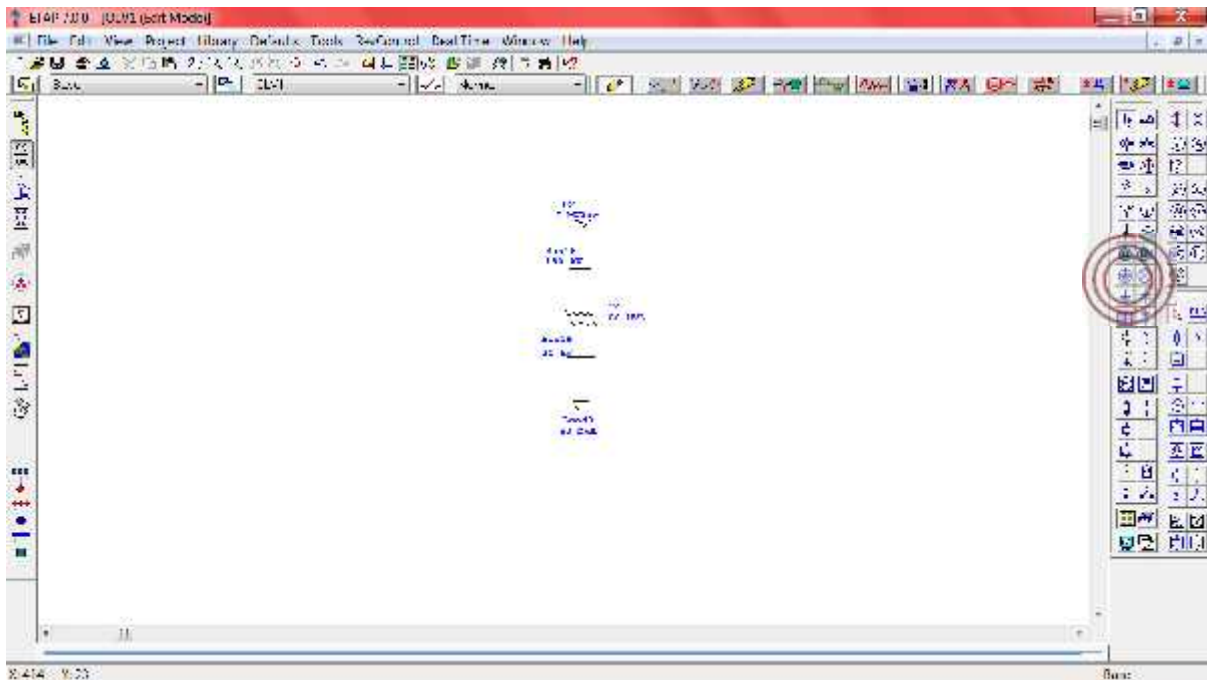
- Double click pada 2-Winding Transformer, lalu isikan data pada tab Info dan setting Rating sesuai dengan data percobaan di atas, dengan tegangan sekunder 20 kV dan kapasitas daya 50 MVA, kemudian klik typical Z&X/R dan akan muncul secara otomatis nilai impedansi trafo.



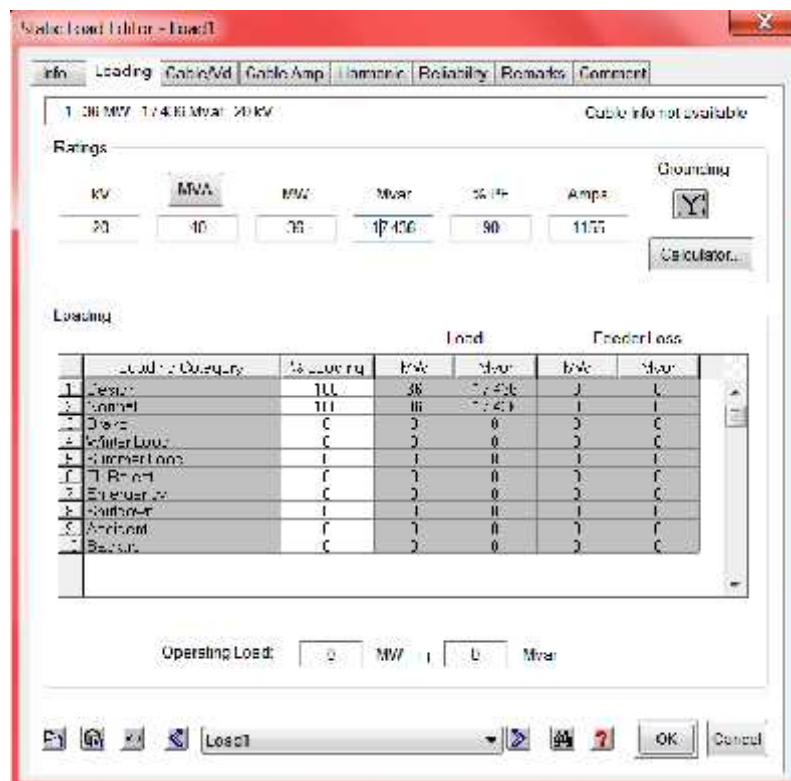
Tempatkan kembali bus bar, lalu tarik dari ujung trafo ke bus bar sehingga terbentuk gambar di bawah



16. Tempatkan Static Load dari AC element lalu hubungkan dengan Bus bar



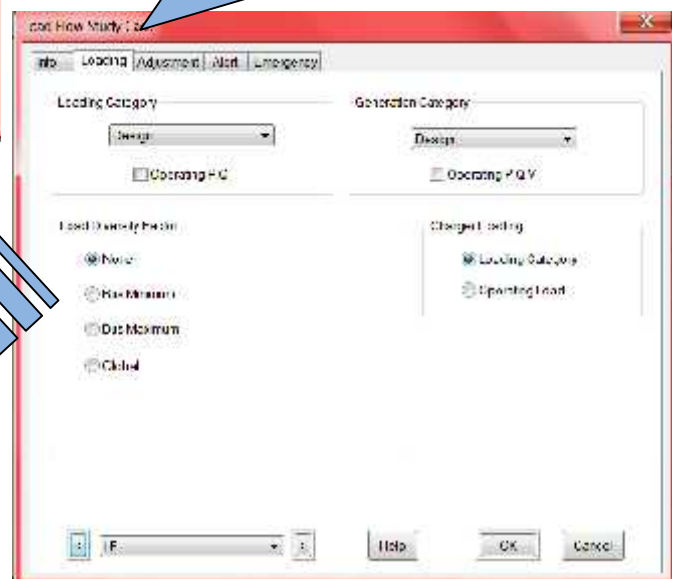
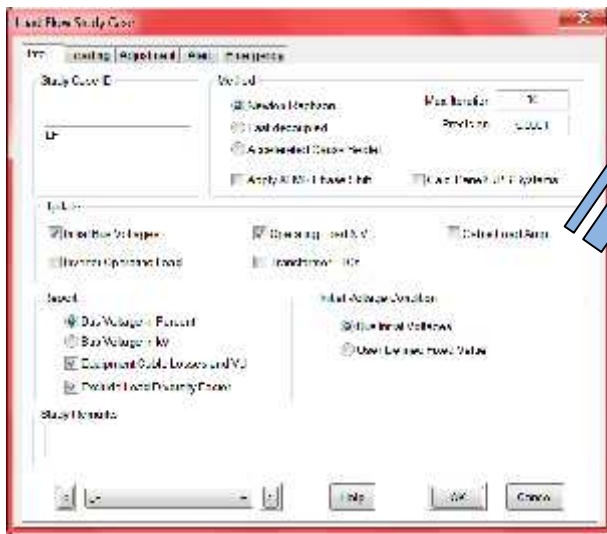
17. Double click pada Static Load, lalu isikan data pada tab Info dan loading sesuai dengan data percobaan di atas.



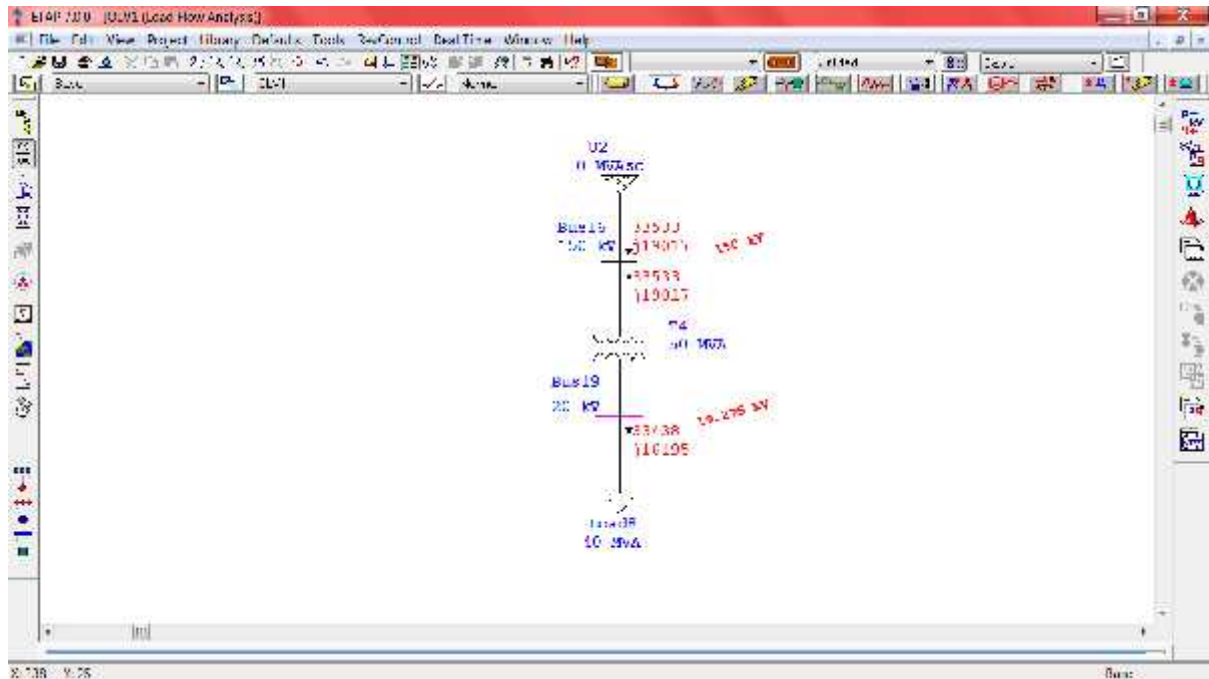
18. Click **study case load flow** bergambar koper dibawah ini




19. Isikan parameter **Study load flow** seperti pada gambar di bawah, atau sesuai kebutuhan dimana simulasi akan dilakukan



21. Lakukan simulasi aliran daya (Load Flow) dengan menekan ikon  diikuti dengan ikon



Penjelasan:

Ketika melakukan simulasi (Load Flow), besaran-besaran yang akan ditampilkan dapat dipilih melalui ikon **Display** pada sisi  kanan:

- Yang mengalir pada jaringan bisa dipilih, apakah arus ataukah daya dan faktor dayanya.
- Tegangan pada bus dapat ditampilkan berupa nilai prosentase terhadap tegangan sumber ataukah nilai tegangannya.

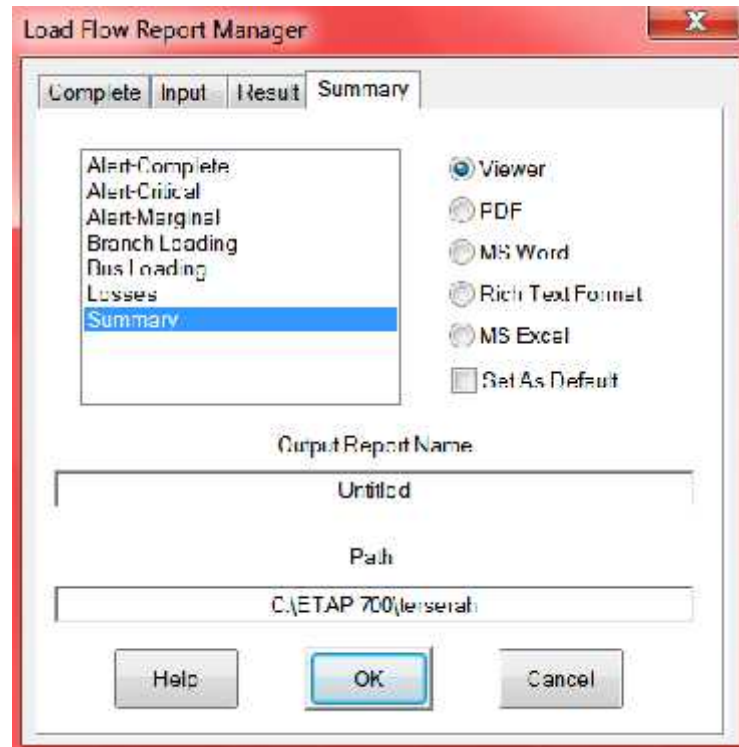
Untuk mendapatkan data tertulis tentang aliran daya, tegangan bus dan rugi daya pada masing-masing komponen dapat dibuat report laporannya melalui **Report Manager**.

15. Klik **report manager**



, lalu akan muncul window seperti dibawah, pilih

Summary dan klik **OK**



Kemudian catat data dari hasil report manager, meliputi:

- Nilai tegangan pada masing-masing bus
- Rugi daya pada masing-masing komponen yang ada.

Perhitungan dan analisis:

Setelah dilakukan simulasi dan pengambilan data, maka perlu dilakukan analisis berkenaan dengan rugi daya dan turun tegangan sistem.

- Hitunglah rugi daya yang terjadi pada sistem dengan menghitung selisih antara daya yang dikirim oleh sumber tegangan dengan daya yang diterima beban.
- Hitunglah turun tegangan yang terjadi pada sistem dengan menghitung selisih antara tegangan pada bus sumber dengan tegangan pada bus beban.
- Berikan penjelasan mengapa terjadi rugi daya dan turun tegangan.

E. LANGKAH PERCOBAAN 2

Setelah percobaan 1 selesai, ubahlah data-data yang ada pada percobaan 1 dengan data yang ada pada percobaan 2, lalu lakukan simulasi dan pencatatan data. Lakukan analisis turun tegangan dan rugi daya seperti pada percobaan 1.

Data Percobaan 2:

- a. Power Grid 150 kV
- b. Bus Bar 150 kV; initial : 100% V, angle 0;
- c. Transformator Step down 150/20 kV; 50 MVA
- d. Bus Bar 20 kV; initial 100% V, angle 0;
- e. Static Load 10 MVA; pf 90%

F. LANGKAH PERCOBAAN 3

Lakukan percobaan 3 ini mirip dengan percobaan 2 dengan menggunakan data percobaan 3. Lakukan analisis turun tegangan dan rugi daya seperti pada percobaan 1.

Data Percobaan 3

- a. Power Grid 150 kV
- b. Bus Bar 150 kV; initial : 100% V, angle 0;
- c. Transformator Step down 150/20 kV; 20 MVA
- d. Bus Bar 20 kV; initial 100% V, angle 0;
- e. Static Load 10 MVA; pf 90%

Tugas analisis:

Bandingkan nilai rugi daya dan turun tegangan pada ketiga sistem yang dicobakan, kemudian berikan penjelasan atas adanya perbedaan nilai-nilai tersebut.

**LEMBAR PENGAMATAN
PRAKTIKUM 1**

1. Transformator : 50 MVA ; load 40 MVA

Pengamatan tegangan dan daya pada Busbar

Komponen	Tegangan (kV)	Daya keluar busbar (kW)
Busbar ... (atas)		
Busbar ... (bawah)		

Pengamatan arus dan losses pada trafo dan beban

Komponen	Arus (A)	Losses (kW)
Transformator		
Static Load		

2. Transformator : 50 MVA ; load 10 MVA

Pengamatan tegangan dan daya pada Busbar

Komponen	Tegangan (kV)	Daya keluar busbar (kW)
Busbar ... (atas)		
Busbar ... (bawah)		

Pengamatan arus dan losses pada trafo dan beban

Komponen	Arus (A)	Losses (kW)
Transformator		
Static Load		

3. Transformator : 20 MVA ; load 10 MVA

Pengamatan tegangan dan daya pada Busbar

Komponen	Tegangan (kV)	Daya keluar busbar (kW)
Busbar ... (atas)		
Busbar ... (bawah)		

Pengamatan arus dan losses pada trafo dan beban

Komponen	Arus (A)	Losses (kW)
Transformator		
Static Load		

Tanggal :

Acc. Ass./Spv.,

Nama mhs. :

No. Mhs. :

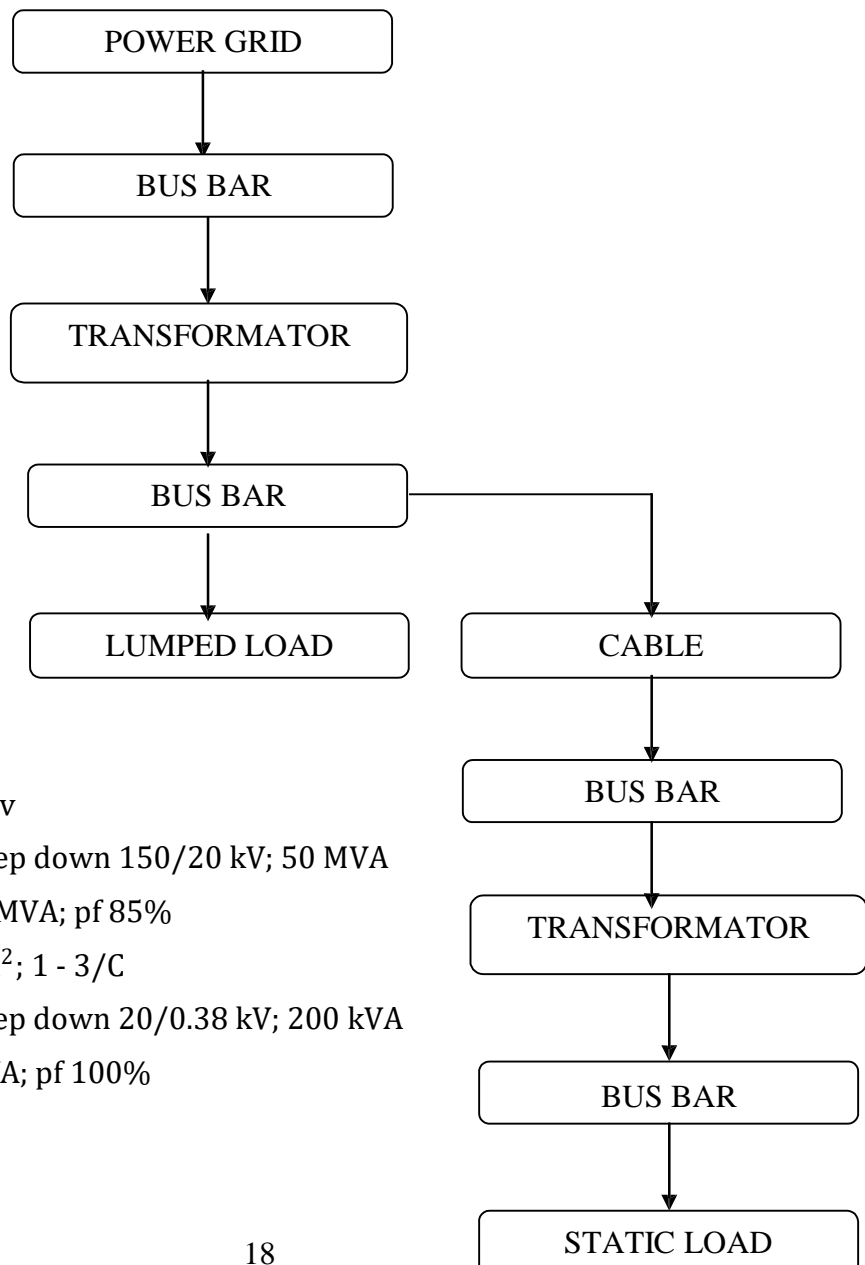
.....

PRAKTIKUM 2 JARINGAN DISTRIBUSI

A. TUJUAN PRAKTIKUM

1. Dapat mengetahui jenis-jenis kabel jaringan dan beban Lumped
2. Mengetahui pengaruh panjang dan jenis kabel jaringan terhadap jatuh tegangan dan rugi daya sistem.
3. Dapat menganalisis perubahan keadaan sistem tenaga listrik akibat adanya perubahan panjang dan jenis kabel jaringan.

B. GAMBAR SISTEM



C. DATA PERCOBAAN 1

- a. Power Grid 150 Kv
- b. Transformator Step down 150/20 kV; 50 MVA
- c. Lumped Load 10 MVA; pf 85%
- d. Cable 1 km; 6 mm²; 1 - 3/C
- e. Transformator Step down 20/0.38 kV; 200 kVA
- f. Static Load 10 kVA; pf 100%

Data Percobaan 2

- a. Power Grid 150 kV
- b. Transformator Step down 150/20 kV; 50 MVA
- c. Lumped Load 10 MVA; pf 85%
- d. Cable 40 km; 6 mm²; 1- 3/C
- e. Transformator Step down 20/0.38 kV; 200 kVA
- f. Static Load 10 kVA; pf 100%

Data Percobaan 3

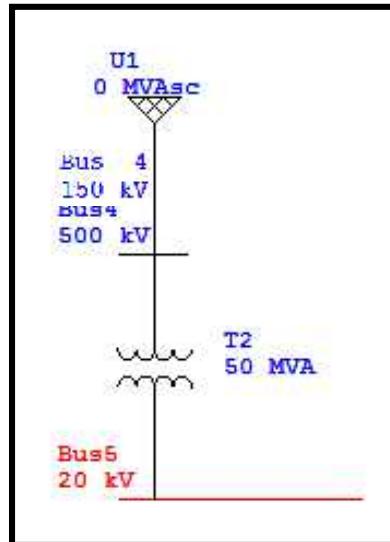
- a. Power Grid 150 kV
- b. Transformator Step down 150/20 kV; 50 MVA
- c. Lumped Load 10 MVA; pf 85%
- d. Cable 40 km; 16 mm²; 1 - 3/C
- e. Transformator Step down 20/0.38 kV; 200 kVA
- f. Static Load 10 kVA; pf 100%


Penjelasan:

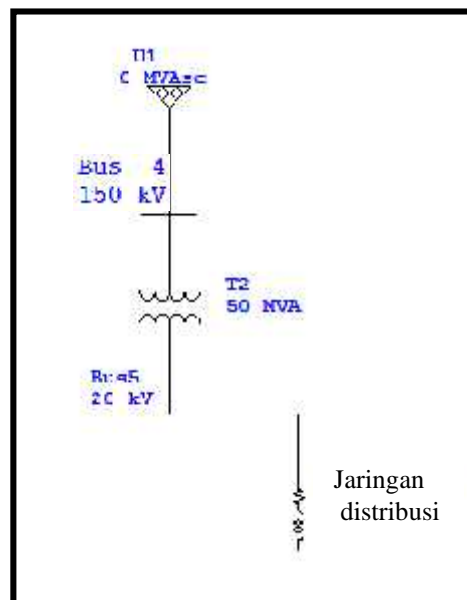
1. Jenis beban sistem tenaga listrik yang lain adalah Lumped Load, merupakan beban yang banyak mengandung motor listrik, sehingga dapat mempengaruhi tegangan sistem ketika start. Spesifikasi yang pokok pada sebuah Lumped Load adalah level tegangan dan kapasitas daya lengkap dengan faktor dayanya.
2. Kabel penghantar, merupakan media untuk menghantarkan arus listrik yang dipakai pada saluran transmisi dan jaringan distribusi. Spesifikasi yang penting pada kabel adalah: bahan, luas penampang, panjang kabel dan tegangan kerjanya.

D. LANGKAH PERCOBAAN 1

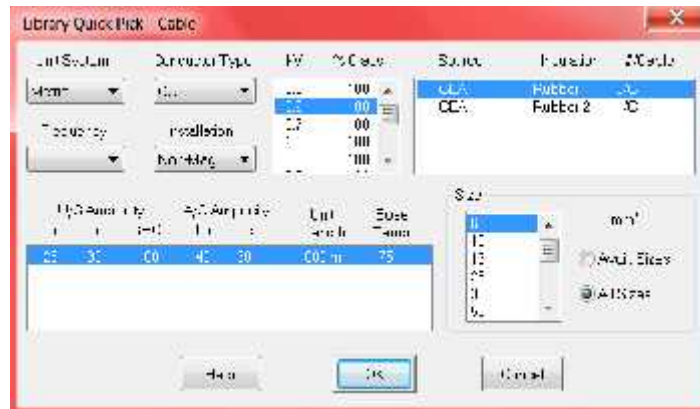
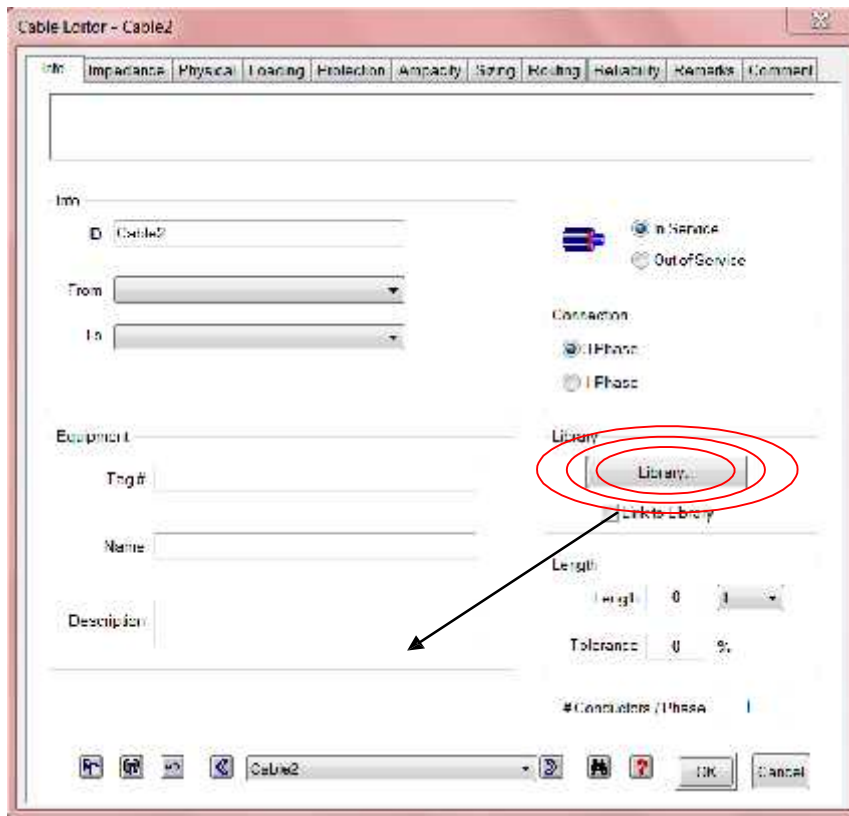
1. Setting **Project standard** dengan $f = 50 \text{ Hz}$
2. Skema kan kembali gambar pada Unit 1 dengan pengecualian tanpa diberi beban, lalu Busbar 2 di perpanjang dengan cara men 'drag' ujung kanan/kiri dari Busbar, setting disesuaikan dengan data percobaan 1, berikut adalah gambar skema :



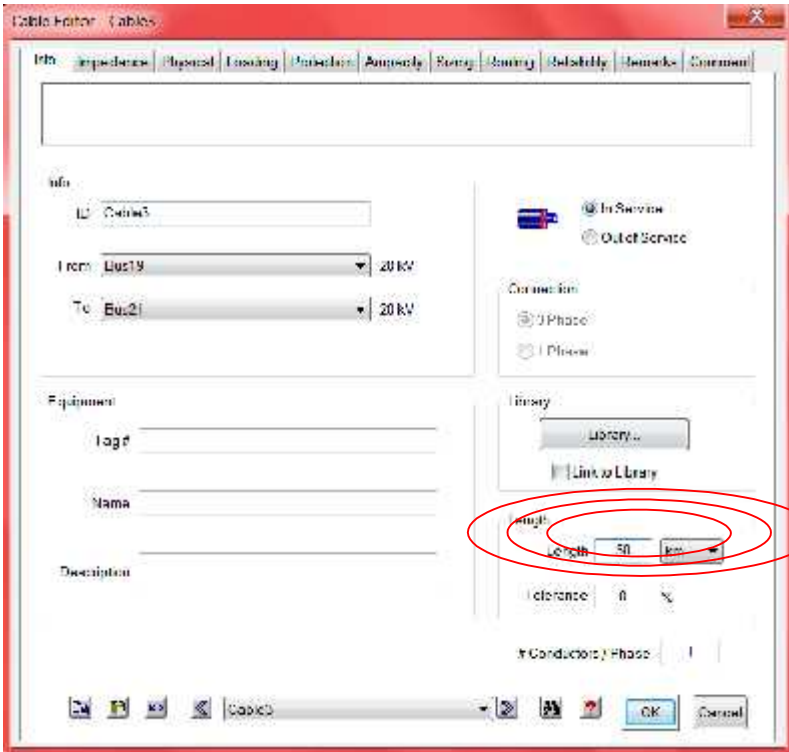
3. Klik component cable  untuk mendeskripsikannya sebagai jaringan distribusi, lalu sambungkan dengan Busbar 2 seperti gambar dibawah :



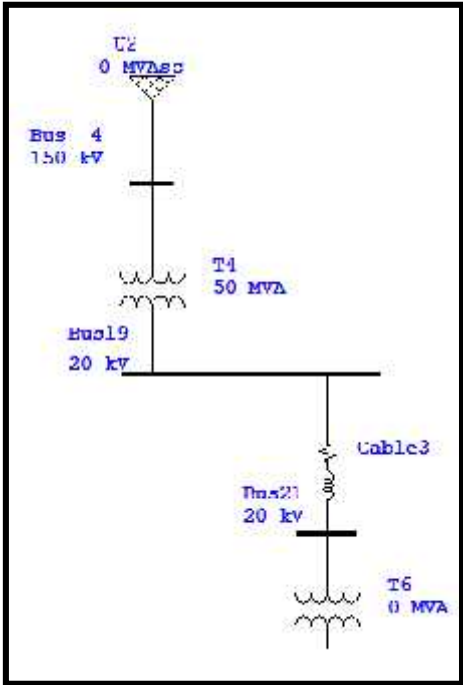
4. Klik 2 kali kabel yang sudah terpasang, klik **Library**, lalu settinglah sesuai dengan data percobaan 1, sehingga nampak seperti gambar dibawah



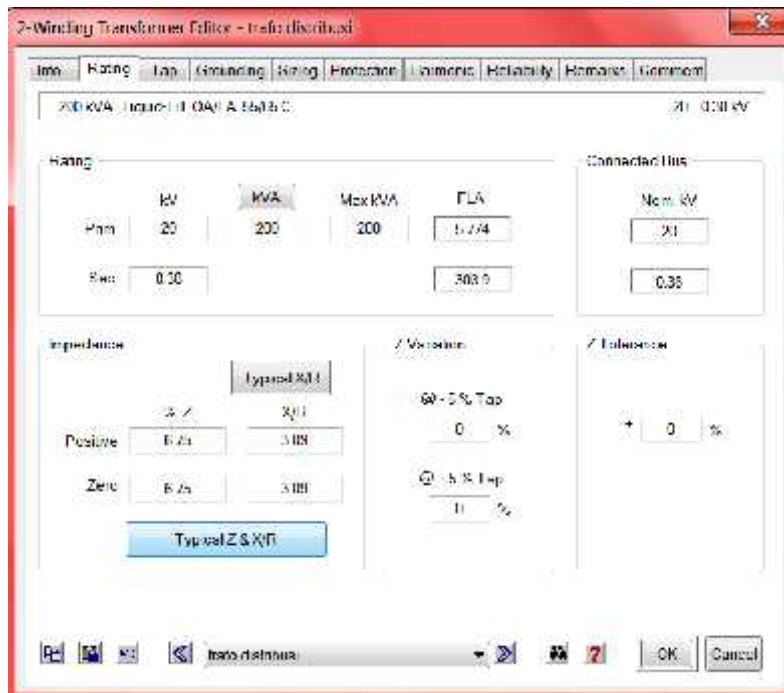
Lalu setting panjang jaringan sesuai dengan data percobaan 1 dengan satuan km



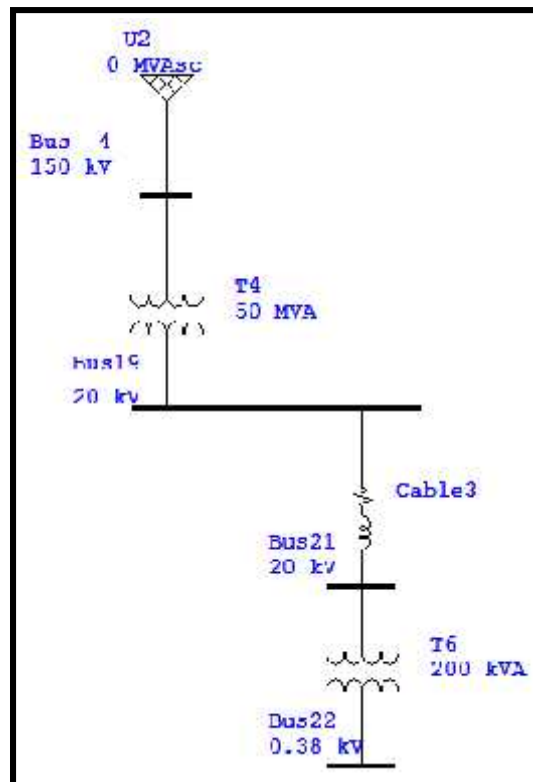
5. Tambahkan Transformator seperti gambar dibawah




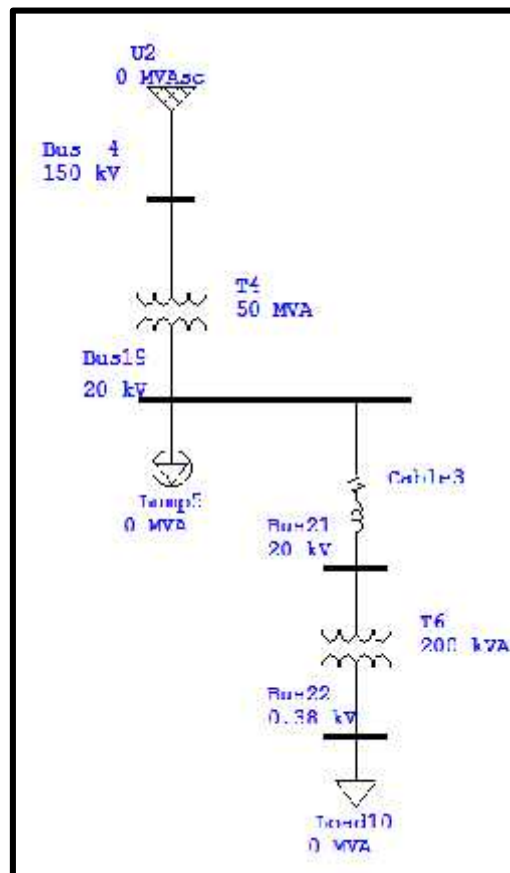
- Seting nilai ratio dan rating trafo setting sesuai dengan data percobaan 1,



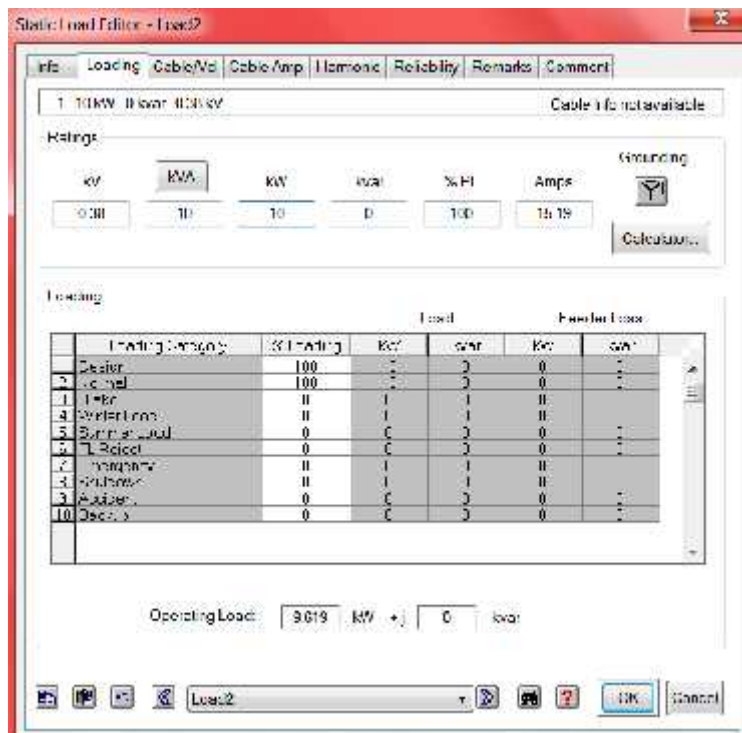
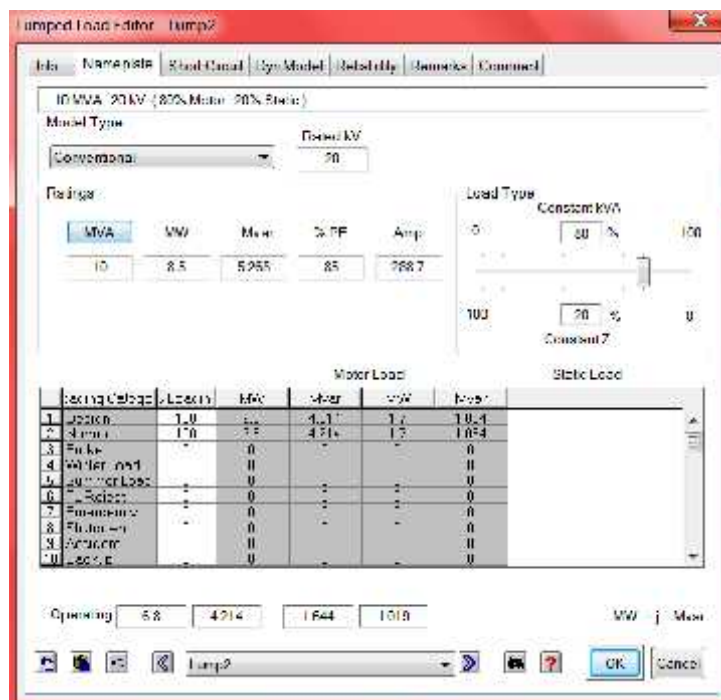
- Tambahkan Busbar setelah transformator untuk menghubungkan beban dengan trafo seperti gambar dibawah





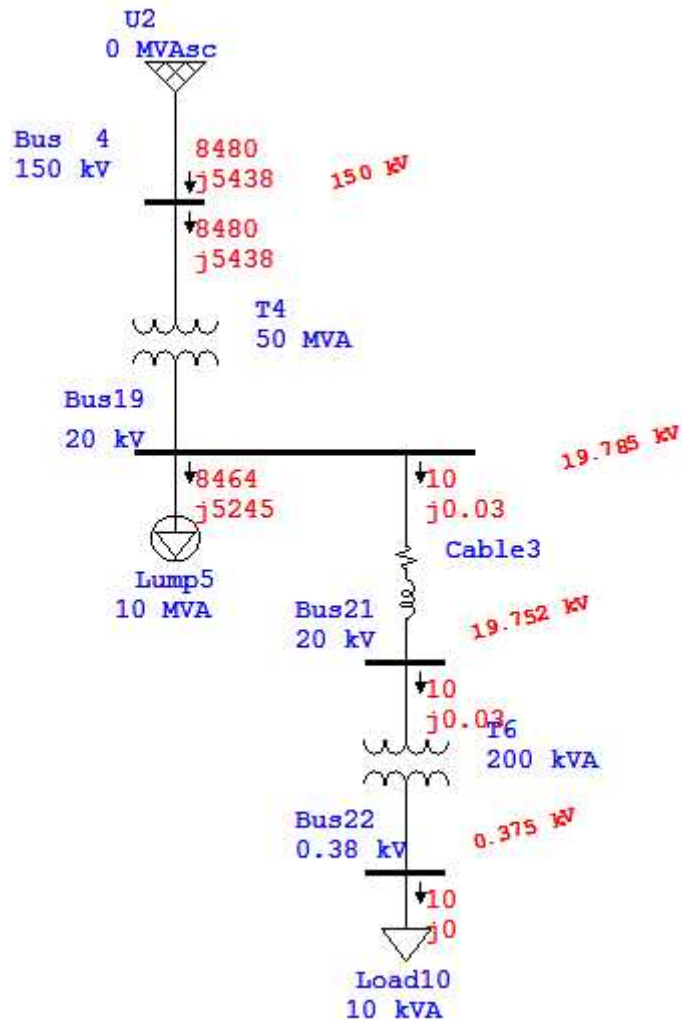
8. Tambahkan komponen static load  dan lumped load  pada AC component sehingga nampak seperti gambar dibawah





9. Setting nilai rating dari masing-masing beban sesuai data percobaan 1

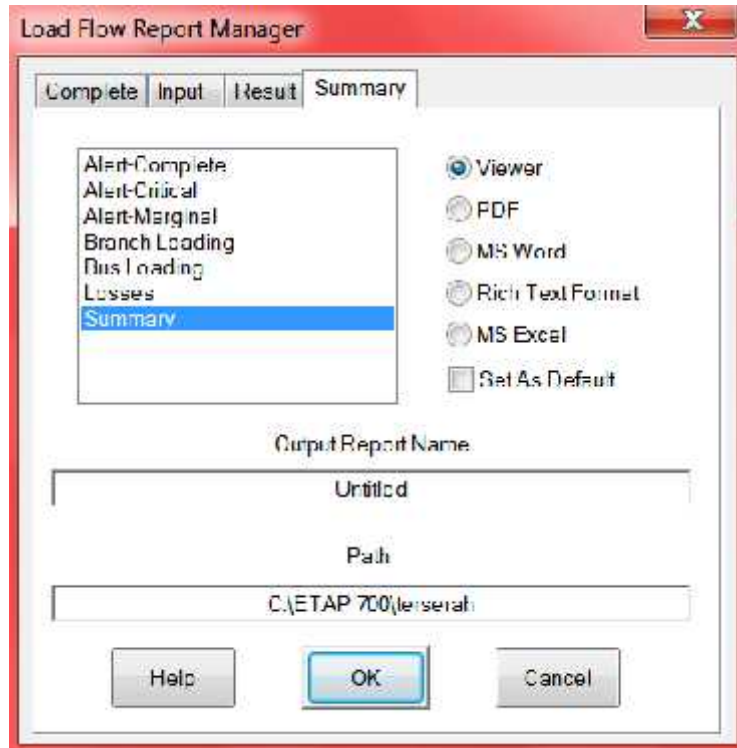


10. lakukan load flow dengan click  , lalu run click  , akan muncul hasil load flow seperti gambar dibawah



11. Untuk mengatur hasil tampilan load flow, seperti menampilkan arus, tegangan dalam bentuk Volt, aliran daya dalam bentuk VA, cukup click display  option

12. Klik **report manager**  untuk mendapatkan data tegangan dan daya bus, lalu akan muncul window seperti dibawah, pilih **Summary**



13. Catat nilai tegangan dan daya pada masing-masing bus.
14. Lakukan percobaan seperti di atas untuk data percobaan 2 dan data percobaan 3
15. Perhitungan dan analisis meliputi:
- ✓ Menghitung turun tegangan dan rugi daya untuk data percobaan 1
 - ✓ Menghitung turun tegangan dan rugi daya untuk data percobaan 2
 - ✓ Menghitung turun tegangan dan rugi daya untuk data percobaan 3
 - ✓ Bandingkan nilai tegangan dan rugi daya yang terjadi pada ketiga percobaan tersebut.
 - ✓ Berikan komentar atas hasil analisis tersebut berkaitan dengan pengaruh panjang dan ukuran kabel jaringan terhadap sistem.

**LEMBAR PENGAMATAN
PRAKTIKUM 2**

1. Cable panjang = 1 km; luas penampang kabel = 6 mm²

Pengamatan tegangan dan daya pada Busbar

Komponen	Tegangan (kV)	Daya keluar busbar (kW)
Busbar ... (150 kV)		
Busbar ... (sebelumkabel)		
Busbar ... (setelah kabel)		
Busbar ... (0,38 kV)		

Pengamatan arus dan losses pada komponen

Komponen	Arus primer (A)	Losses (kW)
Trafo 50 MVA		
Lumped load		
Kabel		
Trafo 200 kVA		
Static Load		

2. Cable panjang = 40 km; luas penampang kabel = 6 mm²

Pengamatan tegangan dan daya pada Busbar

Komponen	Tegangan (kV)	Daya keluar busbar (kW)
Busbar ... (150 kV)		
Busbar ... (sebelumkabel)		
Busbar ... (setelah kabel)		
Busbar ... (0,38 kV)		

Pengamatan arus dan losses pada komponen

Komponen	Arus primer (A)	Losses (kW)
Trafo 50 MVA		
Lumped load		
Kabel		
Trafo 200 kVA		
Static Load		

3. Cable panjang = 40 km; luas penampang kabel = 16 mm²

Pengamatan tegangan dan daya pada Busbar

Komponen	Tegangan (kV)	Daya keluar busbar (kW)
Busbar ... (150 kV)		
Busbar ... (sebelumkabel)		
Busbar ... (setelah kabel)		
Busbar ... (0,38 kV)		

Pengamatan arus dan losses pada komponen

Komponen	Arus primer (A)	Losses (kW)
Trafo 50 MVA		
Lumped load		
Kabel		
Trafo 200 kVA		
Static Load		

Tanggal :

Acc. Ass./Spv.,

Nama mhs. :

No. Mhs. :

.....

PRAKTIKUM 3

PERBAIKAN TEGANGAN DENGAN LOAD TAP CHANGER DAN CAPACITOR BANK

A. TUJUAN PRAKTIKUM

1. Mengetahui setting Beban Motor Induksi pada ETAP
2. Dapat mengetahui fungsi Load Tap Changer dan Capacitor Bank untuk perbaikan tegangan beban
3. Dapat menganalisis turun tegangan dan rugi daya sebelum dan setelah pemasangan Capacitor Bank

B. DASAR TEORI

Motor induksi, merupakan satu jenis beban yang banyak menyerap daya reaktif karena mengandung lilitan sehingga faktor daya beban menjadi rendah. Load Tap Changer (LTC) adalah peralatan pada trafo yang digunakan untuk merubah perbandingan antara kumparan primer dengan kumparan sekunder trafo. Capacitor Bank (bank kapasitor) merupakan komponen yang berfungsi untuk menghasilkan daya reaktif untuk mengkompensasi kebutuhan daya reaktif pada beban.

Load Tap Changer (LTC)

Tap changer adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik (diinginkan) dari tegangan jaringan / primer yang berubah-ubah. Untuk memenuhi kualitas tegangan pelayanan sesuai kebutuhan konsumen (PLN Distribusi), tegangan keluaran (sekunder) transformator harus dapat dirubah sesuai keinginan. Untuk memenuhi hal tersebut, maka pada salah satu atau pada kedua sisi belitan transformator dibuat tap (penyadap) untuk merubah perbandingan transformasi (rasio) trafo. LTC ini ada pada kumparan primer dan pada kumparan sekunder. Ada dua cara kerja tap changer:

1. Mengubah tap dalam keadaan trafo tanpa beban. Tap changer yang hanya bisa beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan transformator tidak berbeban, disebut "Off Load Tap Changer" dan hanya dapat dioperasikan manual.
2. Mengubah tap dalam keadaan trafo berbeban. Tap changer yang dapat beroperasi untuk memindahkan tap transformator, dalam keadaan transformator berbeban, disebut "On Load Tap Changer (OLTC)" dan dapat dioperasikan secara manual atau otomatis

Untuk jaringan distribusi yang sebagian besar bebannya adalah rumah tangga, maka faktor daya relatif tinggi, karena jumlah beban yang berupa motor listrik relatif sedikit. Dengan demikian untuk memperbaiki tegangan bus pada ujung beban cukup dilakukan dengan menambah luas penampang kabel atau mengubah tap trafo dengan menggunakan LTC.

Capasitor Bank

Capasitor Bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran parameter yang sering dipakai adalah KVAR (Kilovolt ampere reaktif) meskipun pada kapasitor sendiri tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad.



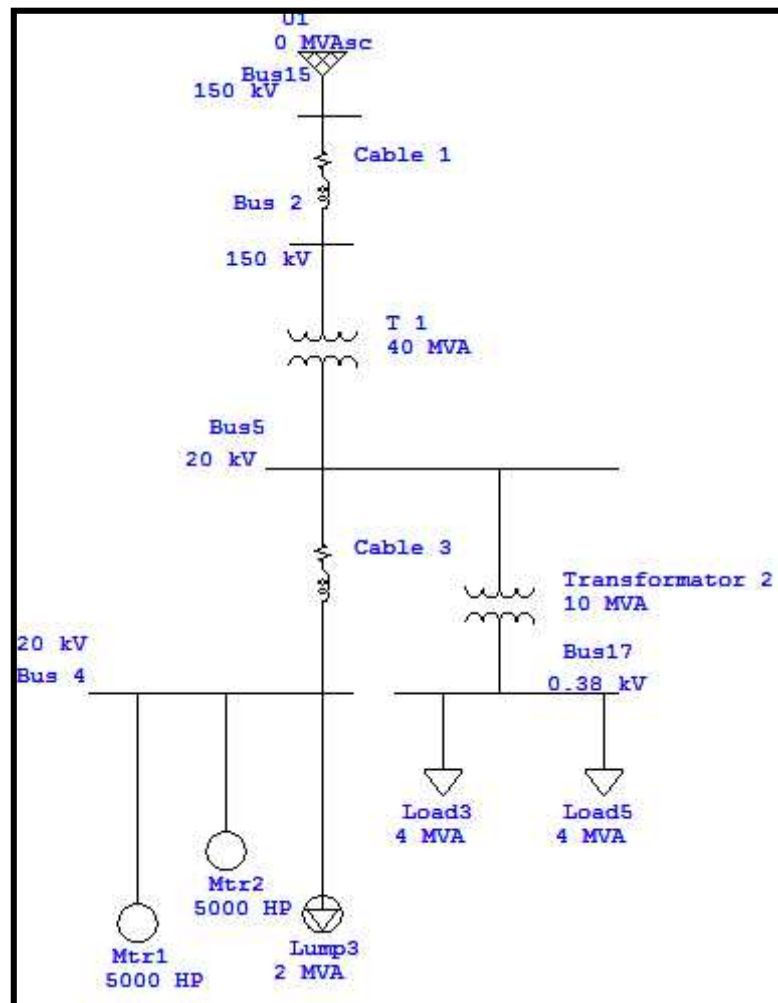
Fungsi utama dari kapasitor bank yaitu sebagai penyeimbang beban induktif, Seperti yang kita ketahui beban listrik terdiri dari beban reaktif (R), induktif (L) dan kapasitif (C). Dimana peralatan listrik yang sering digunakan dan dijumpai memiliki karakteristik induktif, sehingga untuk menyeimbangkan karakteristik beban tersebut perlu digunakan kapasitor yang berperan sebagai beban kapasitif. Dengan kata lain, Kapasitor Bank merupakan komponen yang berfungsi untuk menghasilkan daya reaktif untuk mengkompensasi kebutuhan daya reaktif pada beban.

Untuk jaringan distribusi yang bebannya berupa industri yang banyak menggunakan motor listrik, maka faktor daya beban menjadi rendah. Bila faktor daya rendah, maka daya semu yang harus dikirim dari sumber untuk melayani daya nyata beban menjadi lebih besar. Hal ini mengakibatkan arus yang mengalir pada jaringan menjadi besar juga. Untuk memperkecil arus jaringan, dapat dilakukan dengan menaikkan faktor daya beban. Menaikkan faktor daya dengan cara menambah Kapasitor Bank pada bus beban. Dengan faktor daya yang lebih tinggi, maka arus yang mengalir pada jaringan untuk melayani daya nyata beban dapat berkurang. Dengan demikian turun tegangan dan rugi daya yang terjadi pada jaringan akan berkurang.

Berikut ini adalah beberapa kegunaan dari kapasitor bank:

- a. Memperbaiki Power Factor (faktor daya)
- b. Menyuply daya reaktif sehingga mamaksimalkan penggunaan daya komplek (KVA)
- c. Mengurangi jatuh tegangan (Voltage drop)
- d. Menghindari kelebihan beban transformer
- e. Memberikan tambahan daya tersedia
- f. Menghindari kenaikan arus/suhu pada kabel
- g. Menghemat daya / efesiensi
- h. mengawetkan instalasi & Peralatan Listrik
- i. Kapasitor bank juga mengurangi rugi – rugi lainnya pada instalasi listrik

C. GAMBAR SISTEM



D. DATA PERCOBAAN

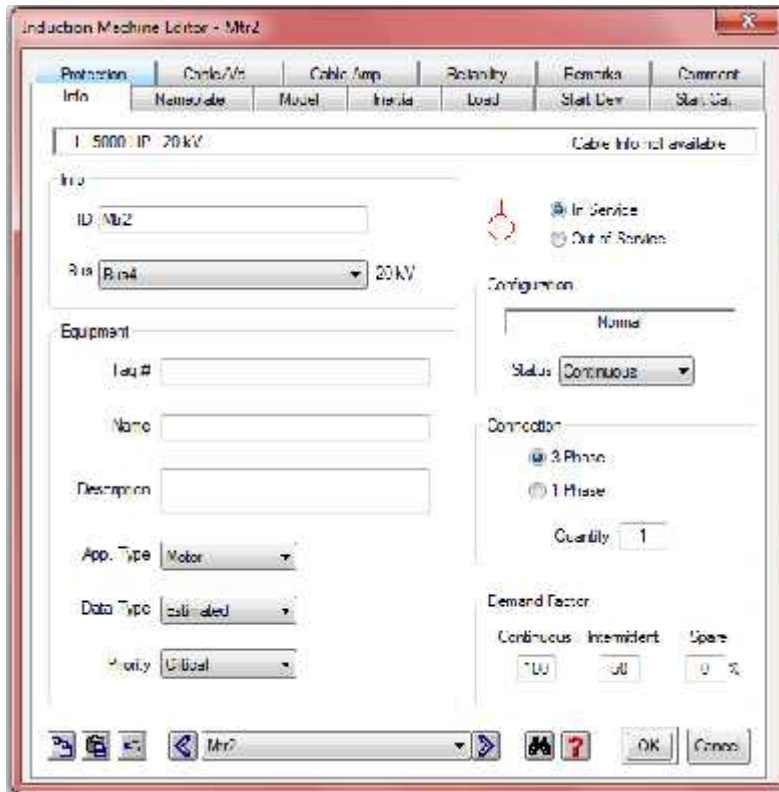
- a. Cable1 = 0.6 kV 3-3/C 16 mm² 20km
- b. Cable3 = 0.6 kV 1-3/C 16 mm² 1km
- c. T1 (Transformator1) = 40 MVA Liquid-Fill OA/FA 150 kV / 20 kV
- d. T2 (Transformator2) = 10 MVA Liquid-Fill OA/FA 20 kV / 0.38 kV
- e. Mtr1 = 5000HP 20 kV
- f. Mtr2 = 5000HP 20 kV
- g. Lump1 = 2 MVA 20 kV (80% Motor 20% Static) pf 0.85
- h. Load1 = 4 MVA 0.38 kV pf 0.85
- i. Load2 = 4 MVA 0.38 kV pf 0.85

E. LANGKAH PERCOBAAN

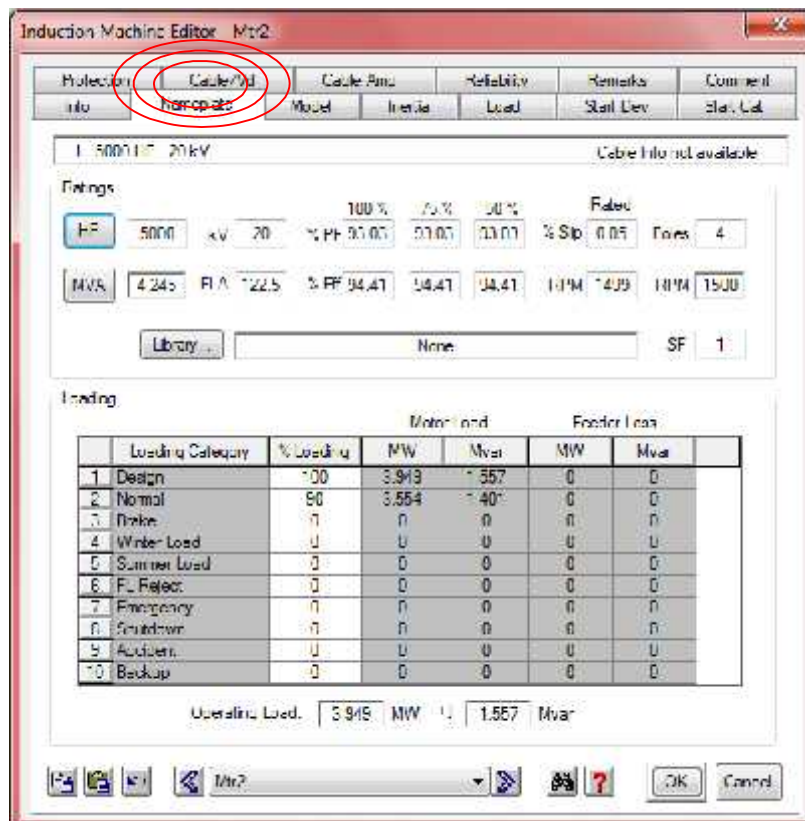
1. Dalam mensetting beban motor induksi, pertama-tama klik komponen motor induksi :



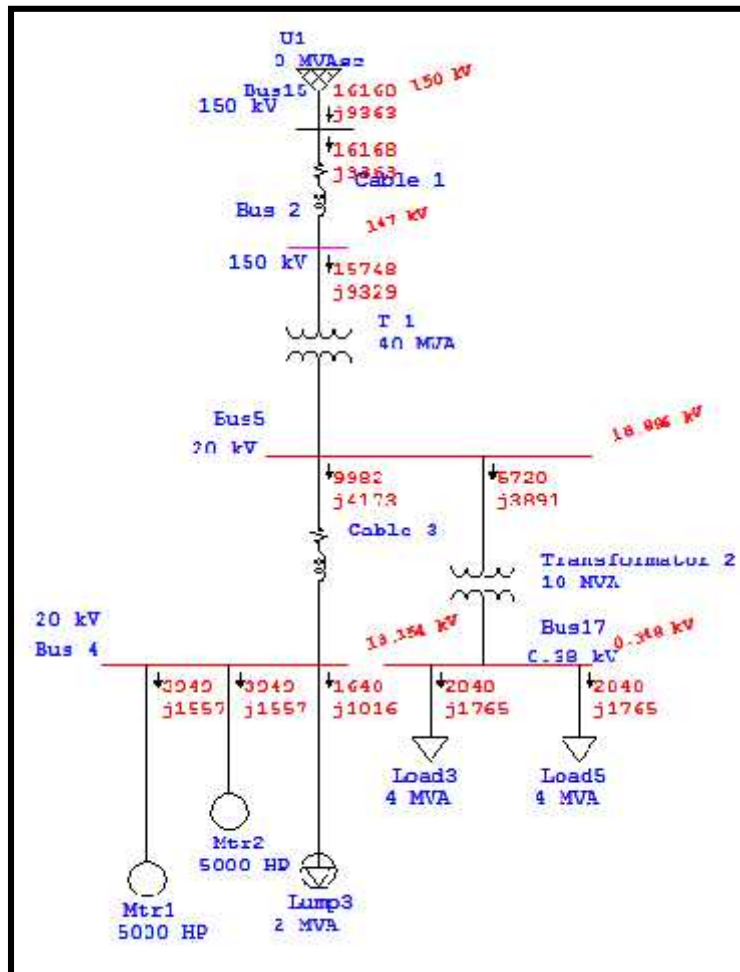
- Masukkan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam komponen motor induksi (connections, status, quantity)




- Klik Nameplate dan isi Daya dari motor induksi (HP atau kW). Lalu klik OK



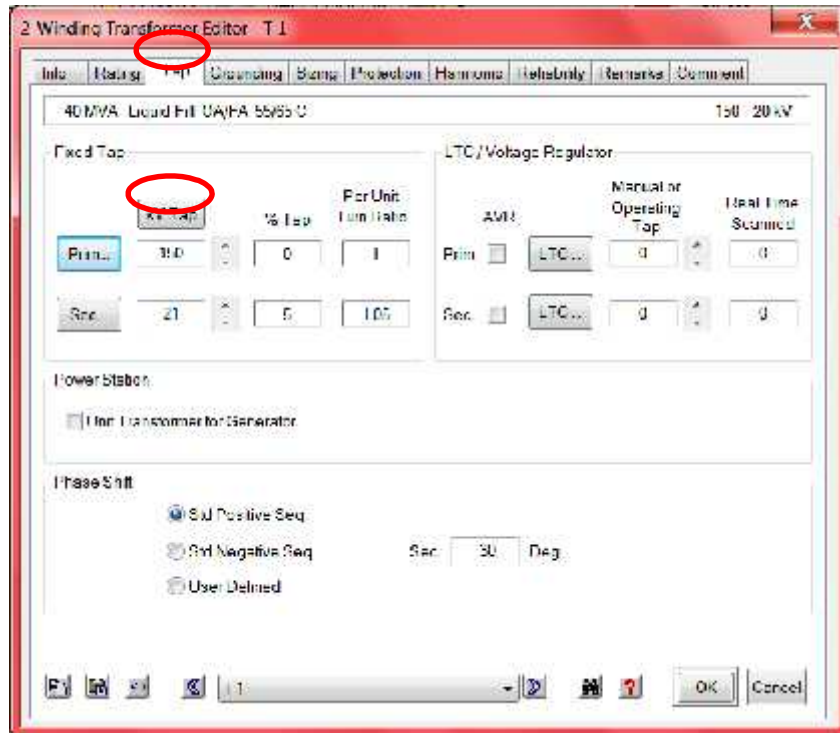
4. Lakukan Load flow dengan setting display tegangan bus dalam kV, aliran daya kVA. Berikut hasil load flow nya. Catat nilai tegangan masing-masing bus:




5. Click alert  lalu catatlah keadaan tidak normal yang terjadi (bus mana saja yang beroperasi pada tegangan tidak normal, critical atau maginal).

Busbar ID	Busbar Name	Phase	Maginal	Critical	Warning	Normal
Bus 1	150 kV	1	Warning	Warning	Warning	Warning
Bus 2	150 kV	1	Warning	Warning	Warning	Warning
Bus 5	20 kV	1	Warning	Warning	Warning	Warning
Bus 4	20 kV	1	Warning	Warning	Warning	Warning
Bus 17	0.38 kV	1	Warning	Warning	Warning	Warning

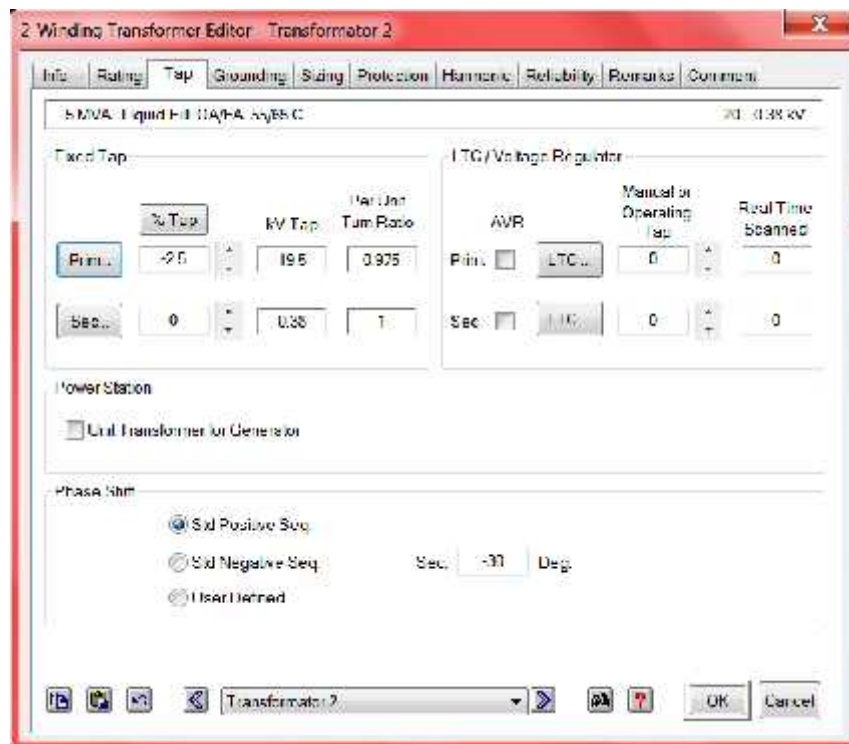
- Lakukan setting Tap Changer pada Transformator 1 dengan setting % Tap untuk kumparan sekunder seperti dibawah :




- Lakukan Load flow kembali setelah setting Tap changer. Catat nilai tegangan masing-masing bus, bandingkan dengan hasil sebelumnya!
- Click Alert  lalu catatlah keadaan tidak normal yang terjadi (bus mana saja yang beroperasi pada tegangan tidak normal, critical atau maginal).

Device ID	Type	Current	Rating	Spinning	% Spinning	Phase Tap
Bus 1	Bus	10.000 kV	10.000 kV	0.000	0.000	0.000
Bus 2	Bus	10.000 kV	10.000 kV	0.000	0.000	0.000
Bus 3	Bus	10.000 kV	10.000 kV	0.000	0.000	0.000

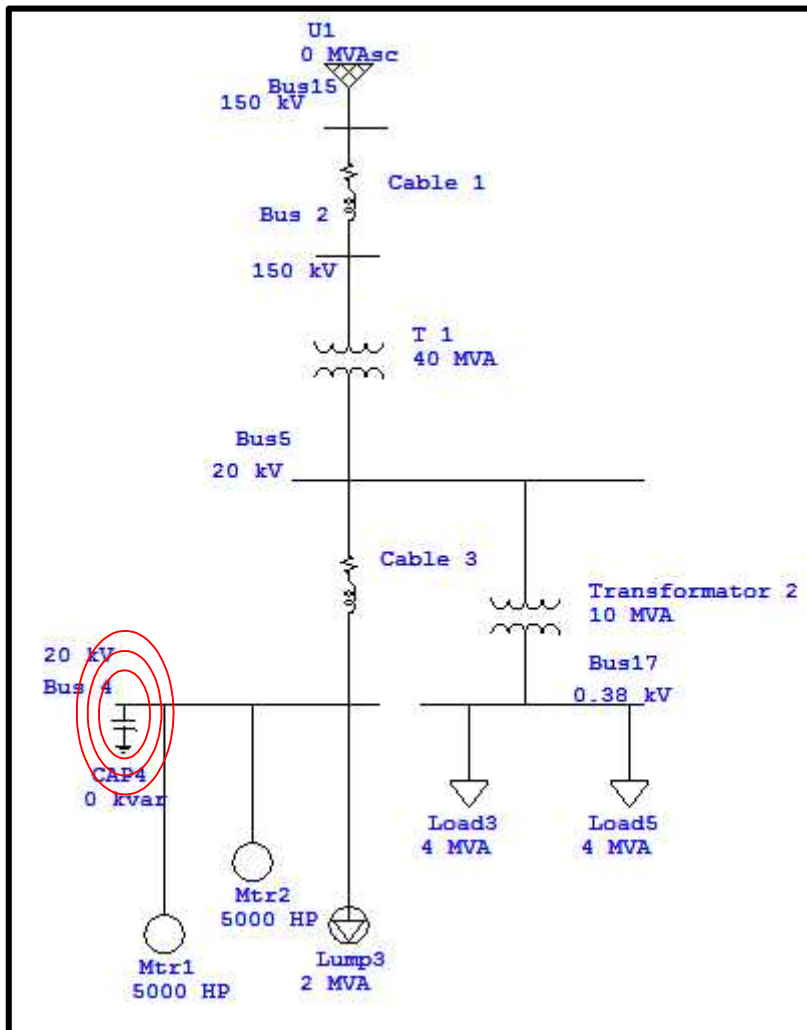
- Lakukan setting tap changer pada Transformator 2 dengan setting %Tap untuk kumparan primer seperti dibawah.



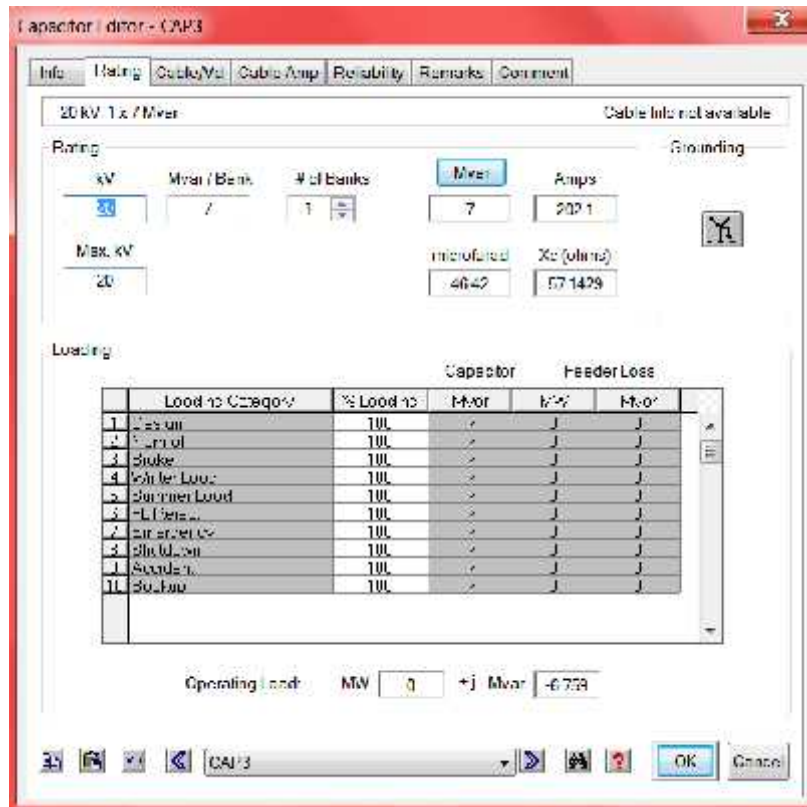
- Lakukan Load flow kembali setelah setting Tap changer. Catat nilai tegangan masing-masing bus, bandingkan dengan hasil sebelumnya!
- Click Alert  lalu catatlah keadaan tidak normal yang terjadi (bus mana saja yang beroperasi pada tegangan tidak normal, critical atau maginal).

Bus	V	Phase	Angle	W	Q	P	Q
Bus 1	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 2	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 3	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 4	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 5	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 6	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 7	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 8	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 9	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus 10	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00


10. Tambahkan capacitor  pada bus 4



11. Lakukan setting tegangan dan Mvar capacitor seperti dibawah ini :



12. Lakukan Load flow kembali setelah setting Tap changer. Catat nilai tegangan masing-masing bus, bandingkan dengan hasil sebelumnya!

13. Click Alert  lalu catatlah keadaan tidak normal yang terjadi (bus mana saja yang beroperasi pada tegangan tidak normal, critical atau maginal).

Bus No	Type	Category	Target	Operating	% of Target	Max Tap
1	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
2	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
3	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
4	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
5	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
6	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
7	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
8	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
9	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
10	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
11	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
12	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
13	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
14	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
15	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
16	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
17	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
18	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
19	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
20	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
21	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
22	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
23	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
24	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
25	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
26	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
27	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
28	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
29	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
30	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
31	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
32	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
33	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
34	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
35	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
36	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
37	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
38	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
39	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
40	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
41	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
42	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
43	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
44	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
45	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
46	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
47	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
48	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
49	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
50	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
51	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
52	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
53	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
54	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
55	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
56	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
57	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
58	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
59	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
60	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
61	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
62	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
63	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
64	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
65	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
66	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
67	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
68	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
69	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
70	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
71	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
72	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
73	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
74	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
75	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
76	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
77	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
78	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
79	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
80	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
81	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
82	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
83	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
84	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
85	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
86	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
87	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
88	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
89	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
90	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
91	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
92	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
93	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
94	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
95	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
96	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
97	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
98	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
99	Bus	100%	100%	100%	100%	100%
100	Bus	100%	100%	100%	100%	100%

14. Lakukan analisis perubahan tap changer pada transformator dan penambahan kapasitor untuk memperbaiki tegangan beban, meliputi:
- Bandingkan nilai turun tegangan yang terjadi pada ketiga kondisi di atas.
 - Bus mana saja yang mengalami keadaan tidak normal pada tiap kondisi.
 - Berikan komentar berkenaan dengan berubahnya jumlah bus yang mengalami keadaan tidak normal setelah perbaikan tegangan.
 - Mengapa setting Tap trafo perlu dilakukan lebih dahulu, baru kemudian pemasangan Bank Kapasitor?

**LEMBAR PENGAMATAN
PRAKTIKUM 3**

1. Keadaan sebelum ada perbaikan tegangan

Pengamatan losses dan jatuh tegangan pada peralatan

Peralatan	Arus (A)	Turun tegangan (V)	Input daya kW + kVAR	Losses (kW)
Cable 1				
Transformator 1				
Cable 3				
Transformator 2				

Komponen yang beroperasi pada keadaan tidak normal:

- a. status
- b. status
- c. status
- d. status
- e. status

2. Load Tap Changing 1 (Kumparan sekunder Transformator 1)

Pengamatan losses dan jatuh tegangan pada peralatan

Peralatan	Arus (A)	Turun tegangan (V)	Input daya kW + kVAR	Losses (kW)
Cable 1				
Transformator 1				
Cable 3				
Transformator 2				

Komponen yang beroperasi pada keadaan tidak normal:

- a. status
- b. status
- c. status
- d. status
- e. status

3. Load Tap Changing 2 (Kumparan Primer Transformator 2)

Pengamatan losses dan jatuh tegangan pada peralatan

Peralatan	Arus (A)	Turun tegangan (V)	Input daya kW + kVAR	Losses (kW)
Cable 1				
Transformator 1				
Cable 3				
Transformator 2				

Komponen yang beroperasi pada keadaan tidak normal:

- status
- status
- status
- status

4. Setelah Pemasangan Capacitor Bank

Pengamatan losses dan jatuh tegangan pada peralatan

Peralatan	Arus (A)	Turun tegangan (V)	Input daya kW + kVAR	Losses (kW)
Cable 1				
Transformator 1				
Cable 3				
Transformator 2				

Komponen yang beroperasi pada keadaan tidak normal:

- status
- status
- status
- status

Tanggal :

Nama mhs. :

No. Mhs. :

Acc. Ass./Spv.,

.....

PRAKTIKUM 4

PERBAIKAN UNJUK KERJA SALURAN DENGAN SISTEM INTERKONEKSI

A. TUJUAN PRAKTIKUM

- a. Mengetahui fungsi jaringan interkoneksi
- b. Mengetahui setting generator dan interkoneksinya dengan grid
- c. Dapat menganalisis perubahan unjuk kerja sistem sebelum dan sesudah interkoneksi

B. DASAR TEORI

Di Indonesia, system jaringan distribusi primer dikenal dengan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV. Saluran ini menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi (Distribution Substation) menuju konsumen yang terlebih dahulu diturunkan tegangannya menjadi 220 / 380 Volt oleh transformer distribusi 20 kV / 220 – 380 Volt. Di dalam mendesain suatu system jaringan distribusi primer harus bisa menanggung beban hingga batas maksimum. Oleh karena itu disesuaikan dengan perkembangan beban. Batas maksimum tergantung dari kapasitas trafo daya, kemampuan saluran penghantar dan kerugian tegangan (disipasi tegangan) yang diijinkan antara sisi pengirim dan sisi penerima. Jaringan Distribusi Primer Menurut Susunan Rangkaiannya dibagi menjadi 2 yakni Sistem Radial dan Sistem Loop.

Sistem Radial.

Tipe ini merupakan bentuk yang paling sederhana dari semua jenis sistem jaringan distribusi lainnya. Penyalurannya secara radial dari penyulang gardu induk hingga konsumen (baik SUTM maupun SUTR). Namun kemungkinan terjadinya padam sangat besar, yang biasanya disebabkan oleh gangguan trafo distribusi atau salurannya. Nilai drop tegangan sangat besar, terutama pada saluran yang jauh dari penyulangnya. Maka untuk jenis ini dipakai di daerah pedesaan atau daerah beban yang tidak membutuhkan kontinuitas tenaga yang tinggi.

Sistem Loop

Bentuk jaringan dari sistem ring (loop) merupakan rangkaian tertutup dan seperti cincin (ring). Dengan menggunakan sistem ini, beban bias disupply dari dua penyulang jika salah satu saluran mengalami gangguan. Sehingga kontinuitas penyaluran tenaga listrik lebih baik dari sistem radial dan panjang jaringan yang ditanggung oleh dua penyulang tersebut bias lebih pendek, sehingga voltage dropnya semakin kecil. Gambar di halaman berikut menunjukkan sistem open loop.

Sistem ini terdiri atas dua jenis, yaitu:

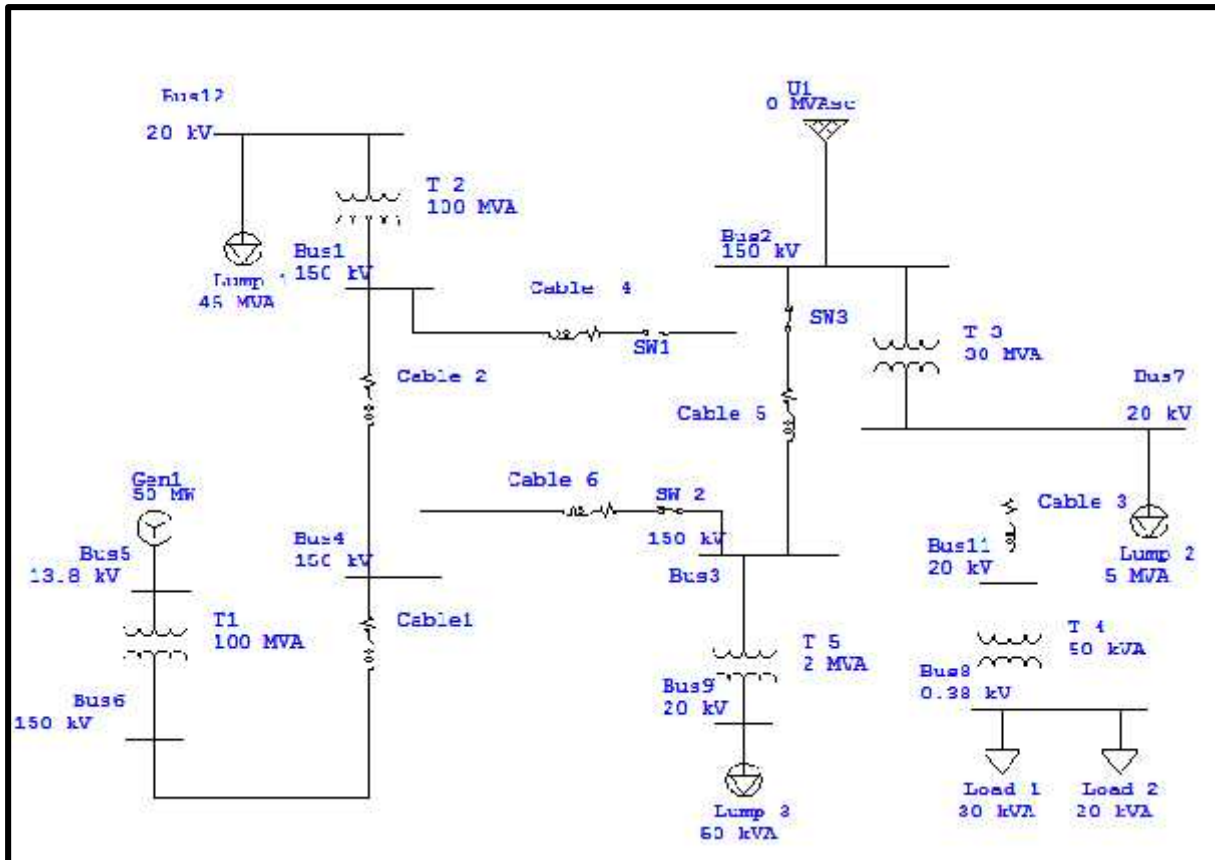
- a. Sistem Open Loop

Pada tipe ini, dilengkapi dengan saklar yang normaly open (NO) diantara saluran penyulang yang satu dengan saluran penyulang lainnya.

- b. Sistem Close Loop.

Pada tipe ini, dilengkapi dengan saklar Normaly Close (NC).

C. GAMBAR SISTEM



D. DATA PERCOBAAN

SISTEM 1 (bagian kiri)

- Generator 1 = 13.8kV; 50 MW; pf 0.85; 1500 rpm
- Cable 1 = 0.6 kV; 3-3/C; CU; 16 mm²; 50 km
- Cable 2 = 0.6 kV; 3-3/C; CU; 25 mm²; 5 km
- T1 (Transformator1) = 100 MVA Liquid-Fill OA/FA 13.8 kV / 150 kV
- T2 (Transformator2) = 100 MVA Liquid-Fill OA/FA 150 kV / 20 kV
- Lump1 = 45 MVA 20 kV (50% Motor 50% Static) pf 0.85

SISTEM 2 (bagian kanan)

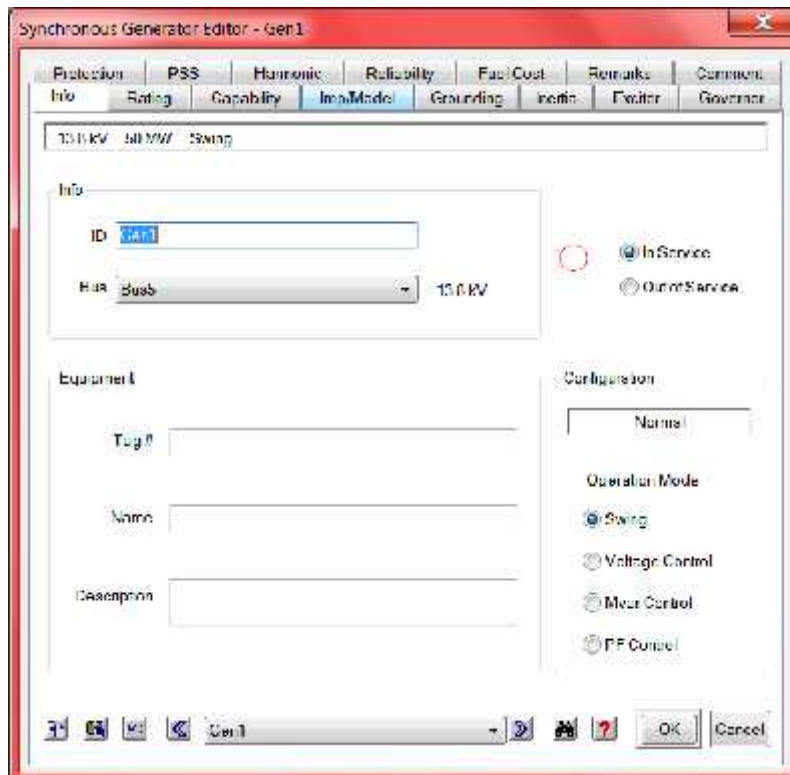
- Grid 150 kV
- Cable 3 = 0.6 kV; 1-3/C; CU; 10 mm²; 1 km
- T3 (Transformator3) = 30 MVA Liquid-Fill OA/FA 150 kV / 20 kV
- T4 (Transformator4) = 50 kVA Liquid-Fill OA/FA 20 kV / 0.38 kV
- Lump2 = 5 MVA 20 kV (50% Motor 50% Static) pf 0.85
- Load1 = 30 kVA 0.38 kV pf 1
- Load2 = 20 kVA 0.38 kV pf 1

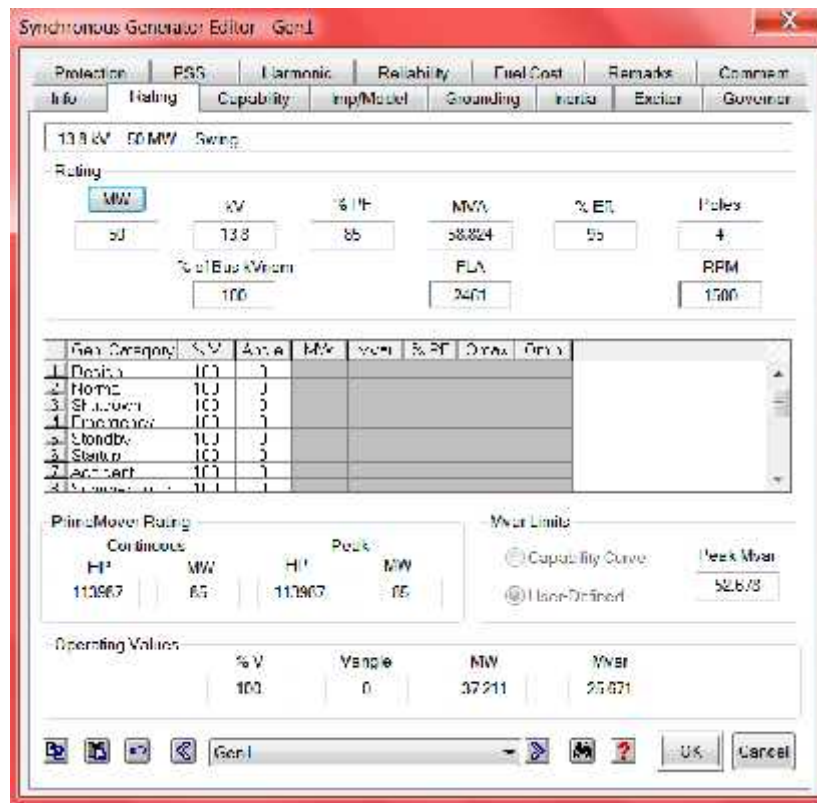
SISTEM 3 (bagian tengah)

- a. T5 (Transformator5) = 3 MVA Liquid-Fill OA/FA 150 kV / 20 kV
- b. Lump 3 = 50 kVA 20 kV (25% Motor 75% Static) pf 0.85
- c. Cable 4 = 0.6 kV; 3-3/C; CU; 25 mm²; 5 km
- d. Cable 5 = 0.6 kV; 3-3/C; CU; 25 mm²; 5 km
- e. Cable 6 = 0.6 kV; 3-3/C; CU; 25 mm²; 5 km
- f. Switch: SW-1, SW-2 dan SW-3

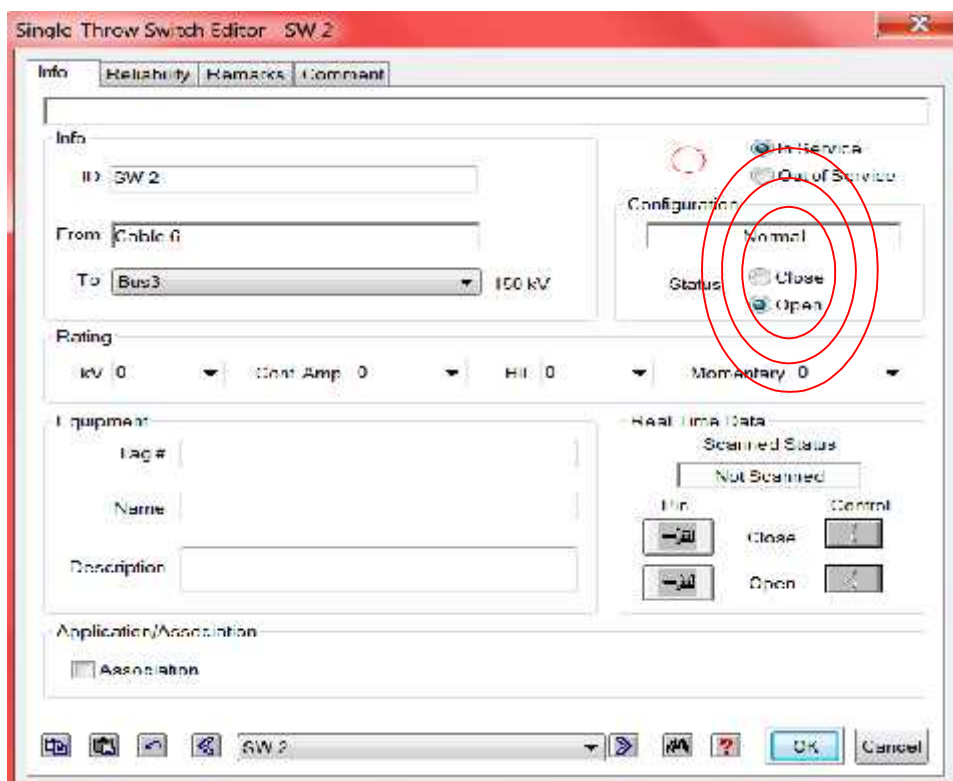
E. LANGKAH PERCOBAAN

1. Pastikan **project standard dengan frekuensi 50**
2. Lakukan setting generator sebagai berikut

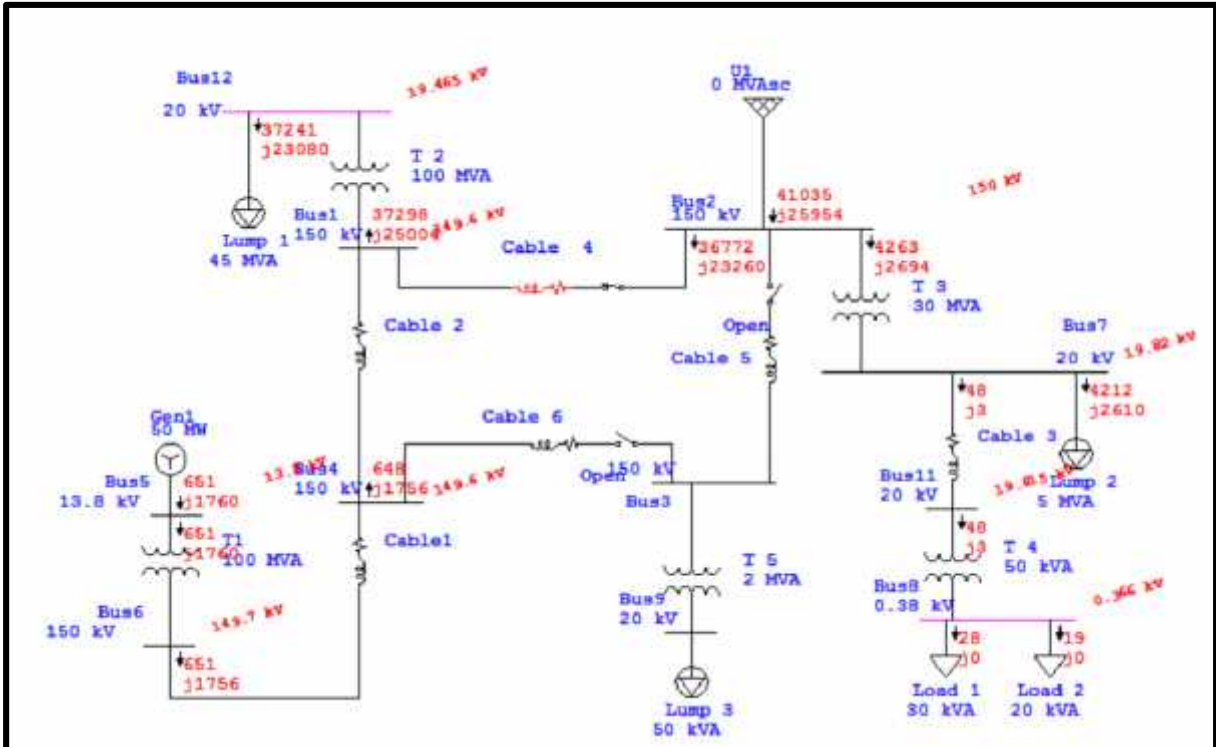




3. Lakukan setting SW-1 close , SW-2 open dan SW-3 open dengan cara:



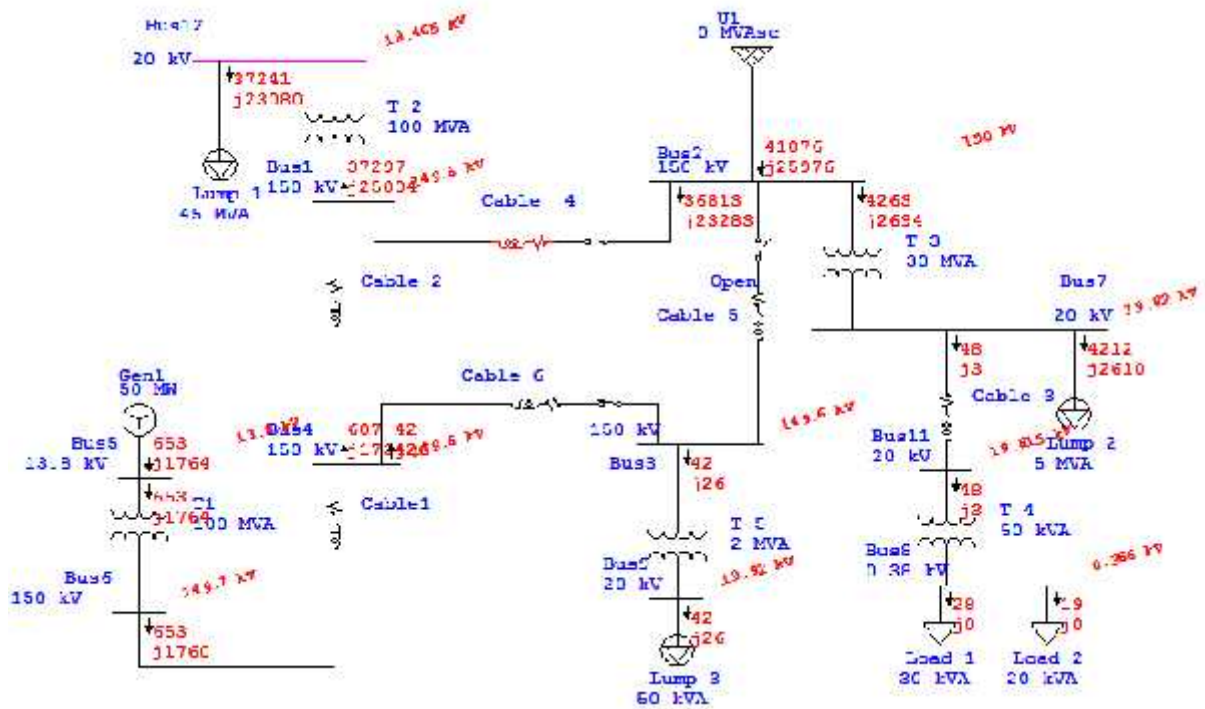
4. Jalankan load flow pada gambar sistem, dengan display option tegangan bus dalam kV, dan load flow dalam MVA hingga hasilnya sama dengan gambar dibawah ini :



5. Click Alert , lalu catatlah keadaan tidak normal yang terjadi (bus mana saja yang beroperasi pada tegangan tidak normal, critical atau maginal).

Device ID	Type	Location	Rating (MVA)	Actual	% Actual	Alert Type
Gen1	Gen	Bus5	50	50	100	Normal
T1	Tran	Bus5	100	100	100	Normal
T2	Tran	Bus1	100	100	100	Normal
T3	Tran	Bus2	30	30	100	Normal
T4	Tran	Bus11	50	50	100	Normal
Lump 1	Load	Bus1	45	45	100	Normal
Lump 2	Load	Bus7	5	5	100	Normal
Lump 3	Load	Bus9	50	50	100	Normal
Load 1	Load	Bus8	80	80	100	Normal
Load 2	Load	Bus8	20	20	100	Normal

- Ubahlah setting switch menjadi SW-1 close , SW-2 close dan SW-3 open Load flow kan, lihat alert, catatlah keadaan tidak normal yang terjadi.



Device	Type	Location	Capacity	Status	Value	Unit
Bus1	150	150	150	Open	11764	kV
Bus2	150	150	150	Open	11764	kV
Bus3	150	150	150	Open	11764	kV
Bus4	20	20	20	Open	11764	kV
Bus5	150	150	150	Open	11764	kV
Bus6	20	20	20	Open	11764	kV
Bus7	20	20	20	Open	11764	kV
Bus11	20	20	20	Open	11764	kV

- Ubahlah setting switch menjadi SW-1 close , SW-2 close dan SW-3 close, Load flow kan, lihat alert, catatlah keadaan tidak normal yang terjadi.
- Lakukan analisis terhadap:
 - Perubahan aliran daya yang terbagi pada setiap bus, dan apa pengaruhnya terhadap kapasitas saluran.
 - Bandingkan keadaan tegangan bus dan arus yang mengalir pada kabel pada setiap kondisi SW yang berbeda.
 - Berikan komentar atas keadaan sebelum dan sesudah interkoneksi.