



MODUL 1

PENGENALAN KOMPONEN & PERANGKAT LUNAK SIMPOWERSYSTEM™ DAN SIMULINK® PADA MATLAB

Ahmad Aziz (13220034)

Asisten: Ghazy Abror Aufan (13219016)

Tanggal Percobaan: 31/1/2023

EL3217 - Praktikum Sistem Tenaga Elektrik

Laboratorium Sistem Kendali dan Komputer - Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB

Abstrak

Abstrak *Praktikum Sistem Tenaga Elektrik* pada modul ini yaitu *Pengenalan Komponen & Perangkat Lunak Simpowersystem™ Dan Simulink® Pada Matlab* dilakukan pengenalan komponen-komponen sistem tenaga elektrik dan juga pengenalan perangkat lunak *simpowersystem* dan *Simulink* pada *matlab*. Pengenalan dan juga simulasi dengan perangkat lunak untuk mensimulasikan rangkaian tenaga elektrik dengan perangkat lunak tersebut.

Kata kunci: Matlab, transformator, *simulink*, generator.

1. PENDAHULUAN

Pada praktikum percobaan modul 1 ini, dilakukan satu percobaan untuk mensimulasikan satu rangkaian sistem tenaga elektrik dengan komponen dasar berupa generator, trafo, line, breaker dan juga beban. Tujuan praktikum modul ini adalah sebagai berikut:

1. Mengenal komponen-komponen yang digunakan pada Sistem Tenaga Elektrik.
2. Membuat rangkaian Sistem Tenaga Elektrik menggunakan SimPowerSystems™ dan Simulink® pada MATLAB.
3. Mensimulasikan rangkaian Sistem Tenaga Elektrik menggunakan SimPowerSystems™ dan Simulink® pada MATLAB.

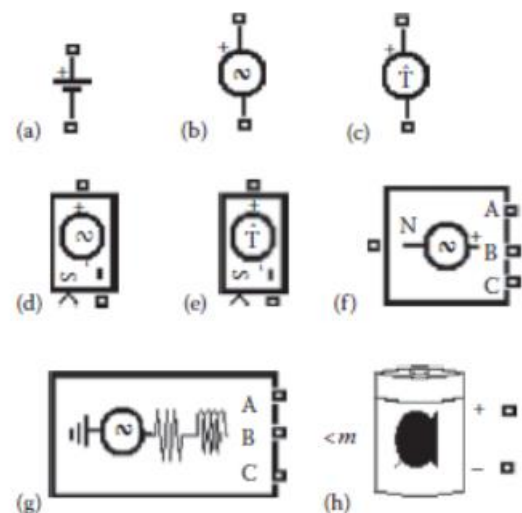
2. STUDI PUSTAKA

MATLAB merupakan sebuah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah teknik. MATLAB sering digunakan untuk keperluan pembelajaran akademik dan perhitungan teknik. MATLAB memiliki sebuah pemrograman grafis yang disebut dengan Simulink. Simulink digunakan untuk mensimulasikan sistem dinamik. Simulink menggunakan diagram fungsional yang terdiri dari beberapa blok yang ekuivalen dengan fungsinya. Pada Sistem Tenaga Elektrik, blok yang ekuivalen tersebut tergabung dalam suatu set blok SimPowerSystems™. Set blok SimPowerSystems™

terdiri dari beberapa model yang cukup kompleks dengan perangkat dalam bidang aplikasi produksi, transmisi, transformasi dan penggunaan dari tenaga listrik, peralatan listrik dan elektronika daya.

2.1 MODEL BLOK SIMPOWERSYSTEMS™

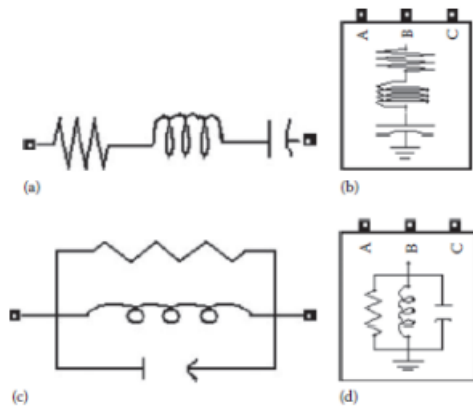
2.1.1 SUMBER ELEKTRIK



Gambar 1 Model Sumber Elektrik

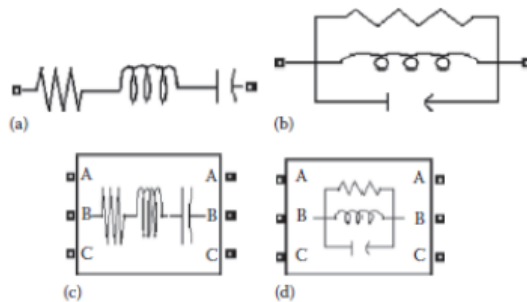
Model Sumber Elektrik: (a) Sumber Tegangan DC; (b) Sumber Tegangan AC; (c) Sumber Arus AC; (d) Sumber Tegangan Terkendali; (e) Sumber Arus Terkendali; (f) Sumber Tegangan 3-fasa Terprogram; (g) Sumber 3-fasa; (h) Baterai.

2.1.2 IMPEDANSI DAN BEBAN



Gambar 2 Model impedansi dan beban

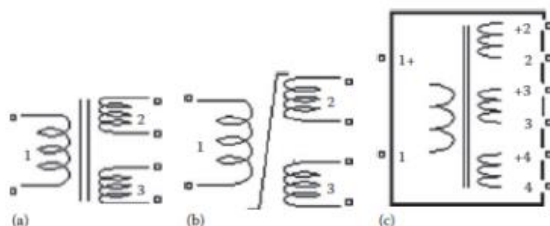
Model Beban: (a) Beban RLC seri; (b) Beban RLC seri 3-fasa; (c) Beban RLC parallel; (d) Beban RLC parallel 3-fasa



Gambar 3 Model impedansi dan beban branch

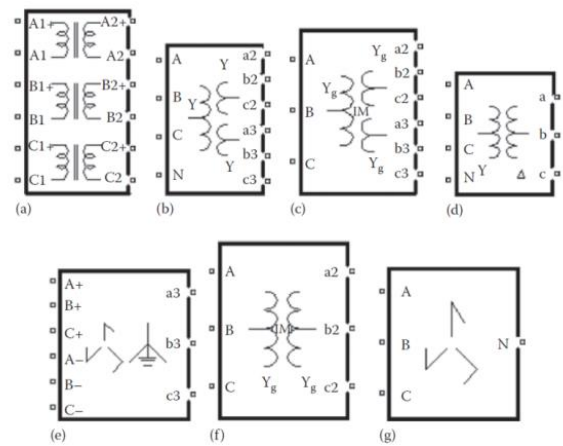
Model Branch: (a) Branch RLC seri; (b) Branch RLC parallel; (c) Branch RLC seri 3-fasa; (d) Branch RLC parallel 3-fasa

2.1.3 TRANSFORMER



Gambar 4 Model Transformer 1 fasa

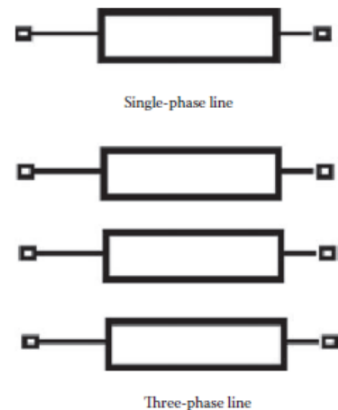
Model Transformer 1-fasa: (a) Transformer linier; (b) Transformer tersaturasi; (c) Transformer multiwinding



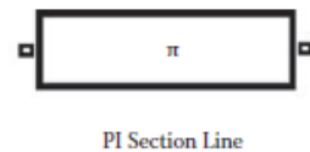
Gambar 5 Model transformer 3 fasa

Model Transformer 3-fasa: (a) Transformer 3-fasa 12 terminal; (b) Transformer 3-fasa (3 winding); (c) Transformer induktansi 3-fasa tipe matriks (3 winding); (d) Transformer 3-fasa (2 winding); (e) Transformer Zigzag Phase-Shifting; (f) Transformer induktansi 3-fasa tipe matriks (2 winding); (g) Transformer grounding

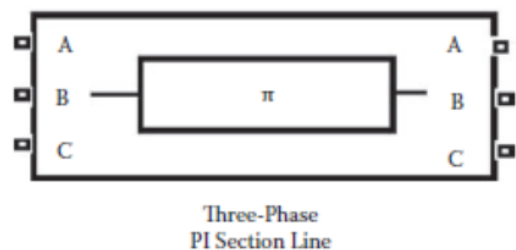
2.1.4 TRANSMISI



Gambar 6 Model Distributed Parameter Line



PI Section Line



Three-Phase PI Section Line

Gambar 7 Model PI Section Line

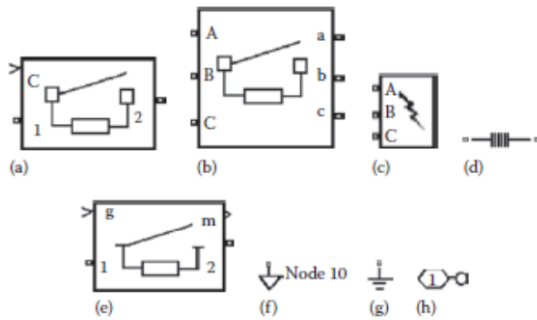
TABLE 2.1

Typical Parameters of Transmission Lines

Voltage (kV)	220–230	330–345	500	750–765	1100–1150
R (Ω/km) 10^{-2}	5–6	2.8–3.7	1.8–2.8	1.17–1.2	0.005
L (mH/km)	1.27–1.29	0.97–1	0.86–0.93	0.87	0.77
C (F/km) 10^{-9}	8.91–8.94	10.6–12	12.6–13.8	13–13.4	14.6
Z_c (Ω)	377–387	285–300	250–278	255–260	230–250
NP (MW)	125–140	360–420	900–1000	2160–2280	5260–5300

Gambar 8 Parameter transmission line

2.1.5 ELEMEN LAIN

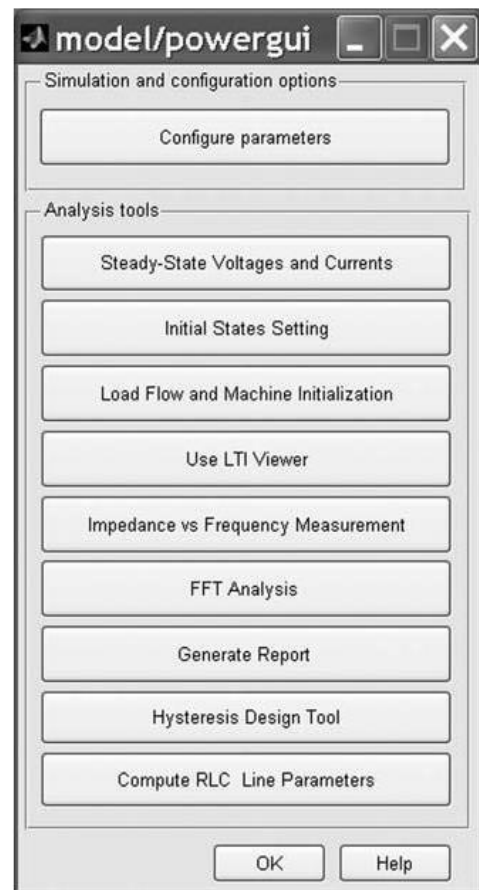


Gambar 9 Model elemen rangkaian lainnya

(a) Breaker; (b) Breaker 3-fasa; (c) Fault 3-fasa; (d) Surge Arrester; (e) Ideal Switch; (f) Neutral; (g) Ground; (h) Connection Port

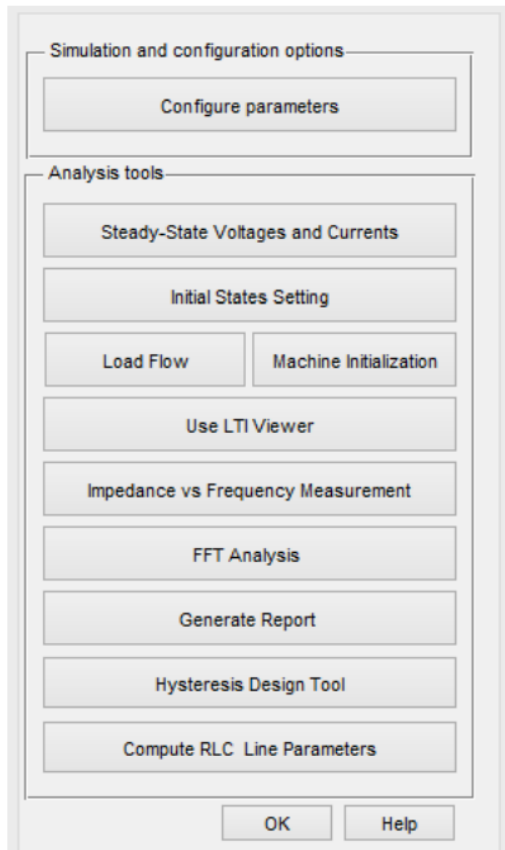
2.2 POWER GUI

PowerGUI merupakan sebuah antarmuka grafis bagi para pengguna. PowerGUI dapat digunakan untuk model tuning dan mencatat keluaran dan state serta memplot beberapa grafik yang dibutuhkan.



Gambar 10 Interface power GUI versi lama

Untuk MATLAB dengan versi yang lebih baru, terdapat sedikit perbedaan pada PowerGUI di mana menu Load Flow dan Machine Initialization terpisah:



Gambar 11 Interface power GUI versi baru

3. METODOLOGI

Dalam percobaan pada modul ini, ada beberapa peralatan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

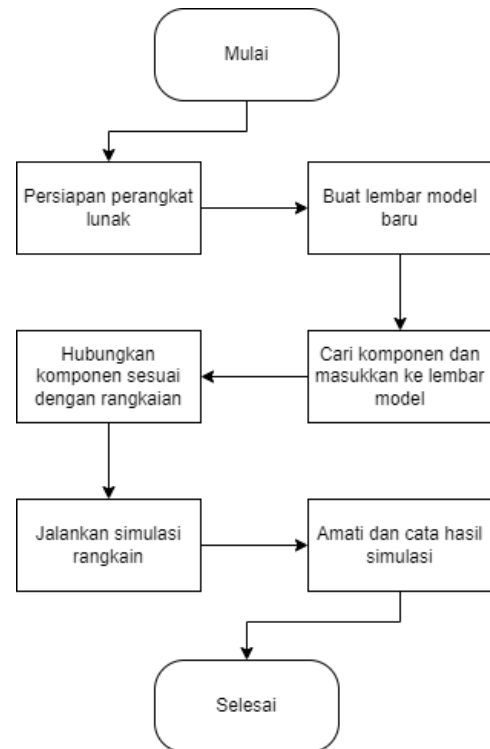
1. Komputer
2. Perangkat lunak MATLAB
3. Flash disk untuk menyimpan data

Langkah umum penyettingan alat dalam melakukan percobaan pada modul ini adalah sebagai berikut:

1. Lakukan persiapan perangkat lunak dengan menyalakan PC dan membuka perangkat lunak MATLAB.
2. Buat lembar model baru untuk membuat model yang akan disimulasikan.
3. Buatlah rangkaian yang akan disimulasikan pada lembar model yang sudah dibuat sebelumnya.
4. Cari dan masukkan komponen yang akan digunakan dari library dan masukkan ke lembar model dengan cara drag and drop.
5. Hubungkan setiap komponen pada port input dan outputnya sesuai dengan rangkaian.
6. Atur parameter komponen sesuai dengan spesifikasi yang sudah diberikan.
7. Atur lama waktu yang akan disimulasikan.

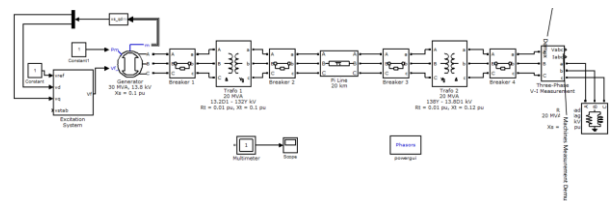
8. Run simulasi untuk mendapatkan hasil simulasi dan tunggu hingga proses kalkulasi software hingga selesai.
9. Amati hasil simulasi dan catat grafik hasil simulasinya.

Berikut ini adalah diagram alir langkah praktikum pada modul ini:



Gambar 12 Diagram alir langkah praktikum

Rangkaian untuk simulasi yang digunakan pada praktikum ini adalah sebagai berikut:



Gambar 13 Rangkaian simulasi sistem tenaga elektrik

Dengan spesifikasi tiap komponen adalah sebagai berikut:

Generator: 30 MVA, 13.8 kV, $X_1 = 0.1$ pu

Trafo 1: 20 MVA, 13.8 – 132 kV, Delta – Wye, $R_t = 0.01$ pu, $X_t = 0.1$ pu

Trafo 2: 20 MVA, 132 – 13.8 kV, Wye – Delta, $R_t = 0.01$ pu, $X_t = 0.1$ pu

Line: 20 km, $R_l = 0.2$ Ohm/km, $X_l = 2$ Ohm/km

Beban: 20 MVA, 0.8 lag, 13.8 kV, $X_s = 0.08$ pu

4. HASIL DAN ANALISIS

Setelah dilakukan simulasi rangkaian percobaan pada praktikum ini, didapatkan data dan hasil analisis sebagai berikut:

4.1 GENERATOR

Dalam rangkaian sistem tenaga elektrik, diperlukan sebuah pembangkit yang berfungsi untuk membangkitkan energi listrik. Pada rangkaian praktikum modul ini, spesifikasi generator yang digunakan adalah generator 3 fasa dengan spesifikasi parameter generator adalah 30 MVA, 13.8 kV, $X_1 = 0.1$ pu. Semua parameter yang tidak disebutkan dalam spesifikasi dibiarkan default sehingga frekuensi dari generator ini adalah 50Hz.

4.2 CIRCUIT BREAKER

Circuit breaker merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam rangkaian elektrik. Circuit breaker bekerja dengan memutus rangkaian apabila terjadi short circuit ataupun overcurrent yang disebabkan oleh kelebihan beban.

Pada rangkaian simulasi ini terdapat 4 buah breaker yang terpasang disepanjang komponen dari generator hingga beban. Breaker yang digunakan adalah breaker 3 fasa sehingga dapat memutus semua fasa pada rangkaian simulasi. Pada keadaan awal, circuit breaker diset close atau rangkaian tertutup sehingga input dan output breaker terhubung.

4.3 TRANSFORMATOR

Transformator adalah komponen dalam sistem tenaga elektrik yang berfungsi untuk menyalurkan energi dari satu rangkaian ke rangkaian lain tanpa adanya hubungan elektrik langsung yaitu dengan induksi elektromagnetik. Secara praktikal, transformator digunakan untuk melakukan step-up atau step-down tegangan untuk arus bolak balik. Pada simulasi ini digunakan dua buah transformator 3 fasa dimana trafo 1 digunakan sebagai step-up tegangan sebelum masuk ke jalur transmisi dan trafo 2 berfungsi sebagai step-down tegangan sebelum mencapai beban.

Pada trafo 1, dimana digunakan sebagai step-up, maka konfigurasi yang digunakan adalah Delta-Wye dengan nominal power sebesar 20MVA dan perubahan tegangan step-upnya adalah 13.8-132 kV. Transformer ini tentunya juga memiliki resistansi dan juga reaktansi sebesar 0.01 pu dan 0.1 pu.

Karena pada software satuan parameter adalah induktansi maka nilai dari reaktansi perlu diubah ke induktansi dengan persamaan berikut:

$$L = \frac{X}{2\pi f}$$

Dengan nilai frekuensi dari semua rangkaian secara default adalah 60Hz dan memasukkan ke persamaan tersebut kita dapat memperoleh induktansi dari transformator tersebut adalah 2.65×10^{-4} .

Untuk transformator 2 juga sama yang membedakan hanyalah konfigurasinya yaitu sebagai step-down.

4.4 LINE

Line disini merupakan kabel transmisi yang dimodelkan dengan pi line pada simulasi ini. Pada spesifikasi yang diberikan pi line pada rangkaian memiliki Panjang line 20km dengan resistansi sebesar 0.2 ohm/km dan reaktansi juga 0.2 ohm/km. Nilai parameter dari reaktansi pada inputnya pada software berupa induktansi sehingga nilainya juga perlu dikonversi dengan persamaan yang sama dengan pada transformator sebelumnya:

$$L = \frac{X}{2\pi f}$$

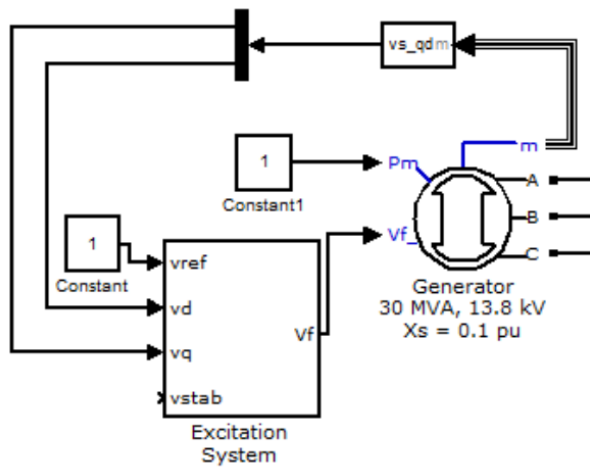
Sehingga didapatkan nilai induktansinya adalah 5.3×10^{-3}

4.5 BEBAN

Beban pada rangkain ini menggunakan beban RL 3 fasa yang terhubung secara paralel. Spesifikasi pada beban sendiri adalah 20 MVA, 0.8 lag, 13.8 kV, $X_s = 0.08$ pu. Untuk membuat model rangkaian beban RL ini dilakukan dengan memberikan nilai 0 pada parameter kapasitansi beban. Karena beban bersifat induktif inilah yang menyebabkan adanya power factor lagging sebesar 0.8 sesuai dengan pada spesifikasi.

4.6 SISTEM EKSITASI SINYAL

Sistem eksitasi sinyal merupakan sistem untuk memberikan sinyal eksitasi kepada generator agar generator dapat bekerja. Sistem eksitasi ini mendapat 2 input berupa feedback dari generator untuk memberi sinyal kembali kepada generator. Sinyal feedback ini melalui selector yang masuk ke input sistem eksitasi. Untuk lebih jelasnya berikut ini adalah rangkaian sistem eksitasi pada rangkaian simulasi yang dilakukan.



Gambar 14 Rangkaian sistem eksitasi

4.7 POWER GUI

Power GUI merupakan semacam modul dalam simulasi yang berfungsi untuk mengatur GUI hasil simulasi yang telah dilakukan sehingga data hasil simulasi dapat dianalisis dengan mudah. Simulasi dengan power GUI diset 3 fasa dengan representasi pada plane phasors.

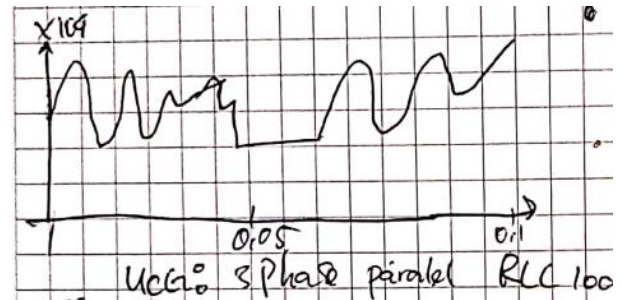
4.8 SCOPE DAN MULTIMETER

Scope dan multimeter dihubungkan dimana rangkaian komponen ini digunakan untuk menampilkan hasil plot diagram simulasi sehingga data dapat di plot pada scope sesuai dengan parameter yang diset pada multimeter yaitu parameter yang akan ditampilkan pada scope.

Dari modul komponen scope ini kita akan mengamati karakter parameter 3 fasa yang kita simulasikan. Setelah parameter kita tentukan dan juga simulasi dijalankan maka akan muncul jendela baru berupa hasil simulasi dalam bentuk grafik. Berikut ini adalah grafik hasil simulasi yang didapatkan. Pada simulasi ini lama waktu yang disimulasikan adalah sebesar 0.1 detik.



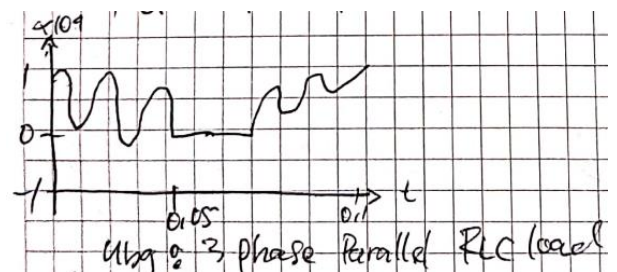
Gambar 15 Tegangan fasa A pada beban



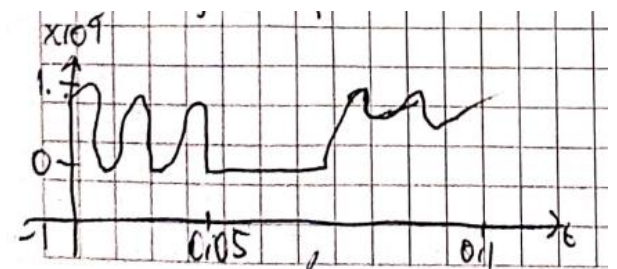
Gambar 16 Tegangan fasa C pada beban



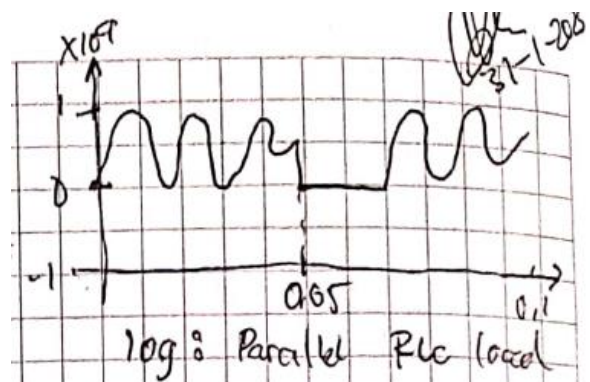
Gambar 17 Arus fasa B pada beban



Gambar 18 Tegangan fasa B pada beban



Gambar 19 Arus fasa C pada beban



Gambar 20 Arus fasa A pada beban

Grafik hasil simulasi dari percobaan diatas ini merupakan grafik hasil simulasi yang kurang tepat karena hasilnya tidak sesuai dengan grafik hasil yang seharusnya. Hal ini diprediksi terjadi karena

adanya perbedaan versi atau adanya perbedaan komponen yang digunakan pada library sehingga hasil simulasi tidak berjalan sebagai mana seharusnya.

Kita tetap dapat melakukan analisis dari hasil simulasi yang dilakukan pada percobaan saat praktikum dilakukan. Pada rangkaian dilakukan pengesetan semua breaker pada posisi awalnya adalah tertutup sehingga semua rangkaian bersifat tertutup. Dari hal ini pada grafik dapat kita lihat, dari awal simulasi dimulai semua parameter langsung bergerak naik dan tidak 0 yang artinya semua breaker pada rangkaian bekerja dan membuat rangkaian tertutup.

Dapat dilihat juga pada semua parameter yang ada pada grafik pada time stamp ke 0.005s yaitu setengah dari waktu total simulasi, semua parameter langsung turun ke 0. Hal ini memperlihatkan bahwa breaker bekerja dan memutus rangkaian sehingga rangkaian menjadi terbuka dan tidak ada arus dan tegangan yang masuk pada elemen measurement yang ada.

Diamati juga berselang 0.001 detik kemudian semua parameter kembali naik yang menandakan bahwa breaker kembali aktif sehingga rangkaian kembali tertutup.

Selain dengan melakukan simulasi pada sistem rangkaian beban yang sudah dilakukan, kita juga dapat melakukan perhitungan dengan pendekatan teori yang tentunya akan berbeda dengan keadaan riil dan juga simulasi karena ada beberapa parameter perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan dan penyederhanaan, namun hasil perhitungan akan dapat menggambarkan hasil simulasi dan juga keadaan riil.

Menghitung arus base

$$I_{base} = \frac{20M}{1.73 * 13.8k} = 837.73 A$$

Selanjutnya hitung impedansi base sekunder trafo 1

$$Z_{base} = \frac{132k^2}{20M} = 871 Ohm$$

Menghitung impedansi pada beban

$$Z_{load} = \frac{13.8k^2}{20 * 0.8 + j20 * 0.6} = 9.5 < -36.8 Ohm$$

Arus load

$$I_{load} = \frac{13.8k}{9.5 < -36.8} = 1452.63 < 36.8 A$$

5. KESIMPULAN

- Sistem transmisi pada penyaluran listrik dilakukan dalam 3 fasa dimana memaksimalkan efektifitas dari generator.
- Proses transmisi listrik dilakukan dengan menaikkan tegangan dari generator dengan menggunakan step-up transformator kemudian diturunkan lagi tegangannya dengan step-down transformator dengan tujuan untuk mengurangi kehilangan daya.
- Breaker digunakan pada setiap step sistem dalam rangkaian penyaluran tenaga elektrik untuk menghindari kerusakan dan kehilangan daya yang besar akibat adanya short circuit dan juga overcurrent.
- Beban pada rangkaian sistem tenaga elektrik dapat berupa beban resistif, beban induktif, dan juga beban kapasitif. Adanya beban resistif akan mempengaruhi power factor dari sistem karena menghasilkan daya reaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] LDTE, *Petunjuk Praktikum Sistem Tenaga Elektrik*, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2023.