

BAB IV PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan mengenai perancangan aplikasi laboratorium virtual sistem daya elektrik. Perancangan perangkat lunak ini meliputi dua tahapan yaitu analisis kebutuhan dan perancangan. Analisis kebutuhan terdiri dari identifikasi aktor dan daftar kebutuhan sistem. Perancangan sistem ini meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem

4.1 Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan ditujukan untuk mendapat gambaran kebutuhan-kebutuhan yang harus disediakan oleh sistem agar dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Kebutuhan-kebutuhan yang digunakan dalam pembuatan sistem ini yaitu ;

1. Kebutuhan Perangkat keras, meliputi

- Laptop

2. Kebutuhan perangkat lunak, meliputi

- Sistem Operasi Windows 7
- Unity
- Bahasa pemrograman C#
- Basis Data MySQL
- VB net
- Php

4.1.1 Identifikasi Aktor

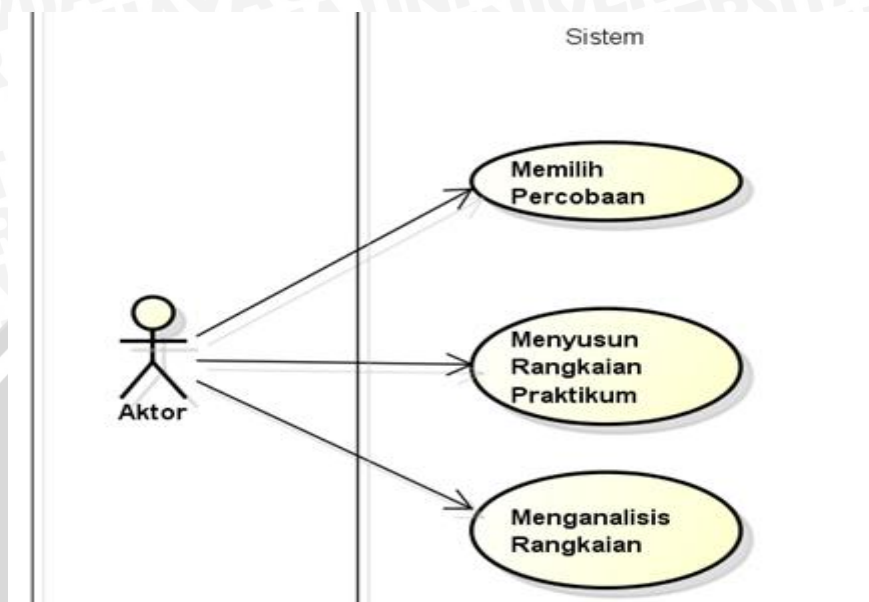
Aktor adalah orang atau sistem lain yang dapat berinteraksi dengan sistem ini virtual labs ini. Dengan adanya identifikasi aktor ini maka arah perancangan dari sistem akan lebih jelas. Perancangan sistem ini akan disesuaikan dengan kebutuhan aktor. Hasil dari identifikasi aktor ini ditetapkan sebagai berikut.

User : Pengguna yang dapat memakai sistem virtual labs untuk melakukan simulasi praktikum sistem daya elektrik.



4.1.2 Use Case Diagram

Kebutuhan-kebutuhan fungsional yang diperlukan oleh pengguna dan harus disediakan oleh sistem akan dimodelkan pada *use case diagram* seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram *Use Case* Sistem

Gambar 4.1 merupakan *use case diagram* dari sistem yang terdiri dari memilih percobaan, menyusun rangkaian, dan menganalisis rangkaian.

4.1.3 Daftar Kebutuhan

Daftar kebutuhan sistem tersebut dijelaskan pada sebuah tabel yang terdiri dari sebuah kolom yang menguraikan kebutuhan yang harus disediakan oleh sistem, dan pada kolom yang lain menunjukkan nama *use case* yang akan menyediakan fungsionalitas masing-masing kebutuhan tersebut. Daftar kebutuhan fungsional sistem ini ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Daftar kebutuhan fungsional

No	Aktor	Use case	Kebutuhan Sistem
1	User	Memilih percobaan	Sistem mampu menampilkan tampilan pembuka sebelum masuk ke aplikasi, yang berisi daftar percobaan praktikum yang dapat dipilih oleh pengguna.
2	User	Menyusun	Sistem mampu menampilkan seluruh peralatan

		rangkaian	praktikum dan memandu pengguna untuk menyusun peralatan tersebut dengan cara menghubungkan node-node pada peralatan hingga membentuk suatu rangkaian listrik yang benar.
3	User	Menganalisis rangkaian	Sistem mampu menyediakan fasilitas untuk memasukkan nilai parameter-parameter rangkaian praktikum dan menampilkan tanggapan rangkaian tersebut.

Tabel 4.1 menunjukkan kebutuhan sistem yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan use case memilih percobaan, menyusun rangkaian, dan menganalisis rangkaian.

4.1.4 Skenario Use Case

Secara lebih mendetail, masing-masing *use case* yang terdapat pada diagram *use case*, dijabarkan dalam skenario *use case*. Pada tabel skenario *use case* diberikan ulasan yang berkaitan dengan tanggapan dari sistem atas suatu aksi yang diberikan oleh aktor. Di bawah ini dijelaskan tabel skenario use case memilih percobaan, menyusun rangkaian dan menganalisis rangkaian. Skenario use case memilih percobaan dijelaskan dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Skenario Use Case Memilih Percobaan

Aksi dari Aktor	Tanggapan dari Sistem
1. Aktor memanggil halaman menu	2. Menampilkan halaman menu yang berisi daftar percobaan.
3. Aktor memilih percobaan praktikum yang ingin disimulasikan.	4. Mengganti halaman menu dengan halaman simulasi, dan menjalankan program simulasi percobaan yang dipilih.

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa memilih percobaan dilakukan pada halaman menu yang mana isi halaman tersebut adalah daftar percobaan yang akan disimulasikan.

Kebutuhan fungsional selanjutnya yang harus disediakan oleh sistem adalah kebutuhan untuk menyusun rangkaian. Skenario *use case* menyusun rangkaian dijelaskan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 skenario *Use Case* Menyusun Rangkaian

Aksi dari Aktor	Tanggapan dari Sistem
	1. Sistem menampilkan antarmuka berupa seluruh seluruh peralatan-peralatan praktikum yang ada pada laboratorium SDE.
	2. Sistem memberi panduan menyusun rangkaian praktikum kepada pengguna.
3. Aktor memilih node pertama yaitu node yang ingin dihubungkan dengan node lain.	4. Sistem memberi tanda pada node pertama.
5. Aktor memilih node kedua yaitu node yang ingin dihubungkan dengan node pertama.	6. Sistem menyambung node pertama dengan node kedua menggunakan kabel.

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa menyusun rangkaian dilakukan pada halaman simulasi. Halaman simulasi tersebut menampilkan komponen-komponen yang digunakan dalam simulasi praktikum. Dalam peralatan tersebut terdapat node-node yang melambangkan terminal dari tiap-tiap komponen. Komponen-komponen tersebut dapat dirangkai dengan cara menghubungkan antar node yang terdapat pada komponen tersebut.

Kebutuhan fungsional selanjutnya yang harus disediakan oleh sistem adalah kebutuhan untuk menganalisis rangkaian. Skenario *use case* menganalisis rangkaian dijelaskan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Skenario *Use Case* Menganalisis rangkaian

Aksi dari Aktor	Tanggapan dari Sistem
1. Aktor memasukkan nilai variabel-variabel masukan	2. Sistem melakukan perhitungan dengan nilai masukan yang telah ditentukan aktor.
3. Aktor menekan tombol ON pada function generator	4. Sistem menampilkan hasil perhitungan pada layar alat ukur.

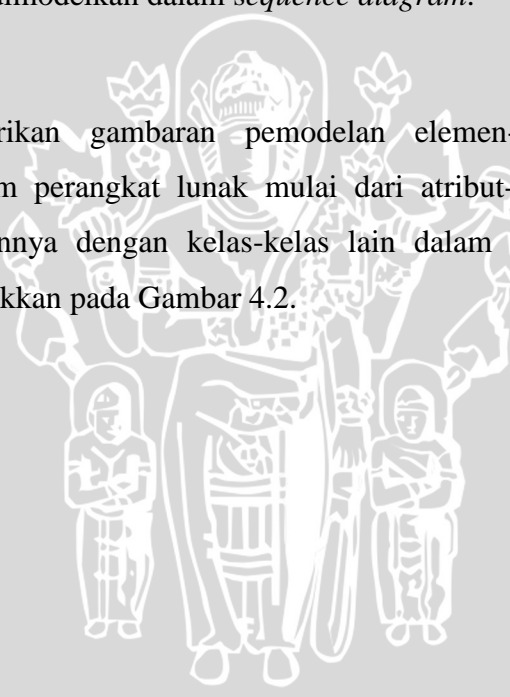
Tabel 4.4 menunjukkan bahwa untuk menganalisis rangkaian dilakukan dengan cara memasukkan nilai masukan dan selanjutnya sistem akan menampilkan nilai tanggapan dari rangkaian yang telah tersusun.

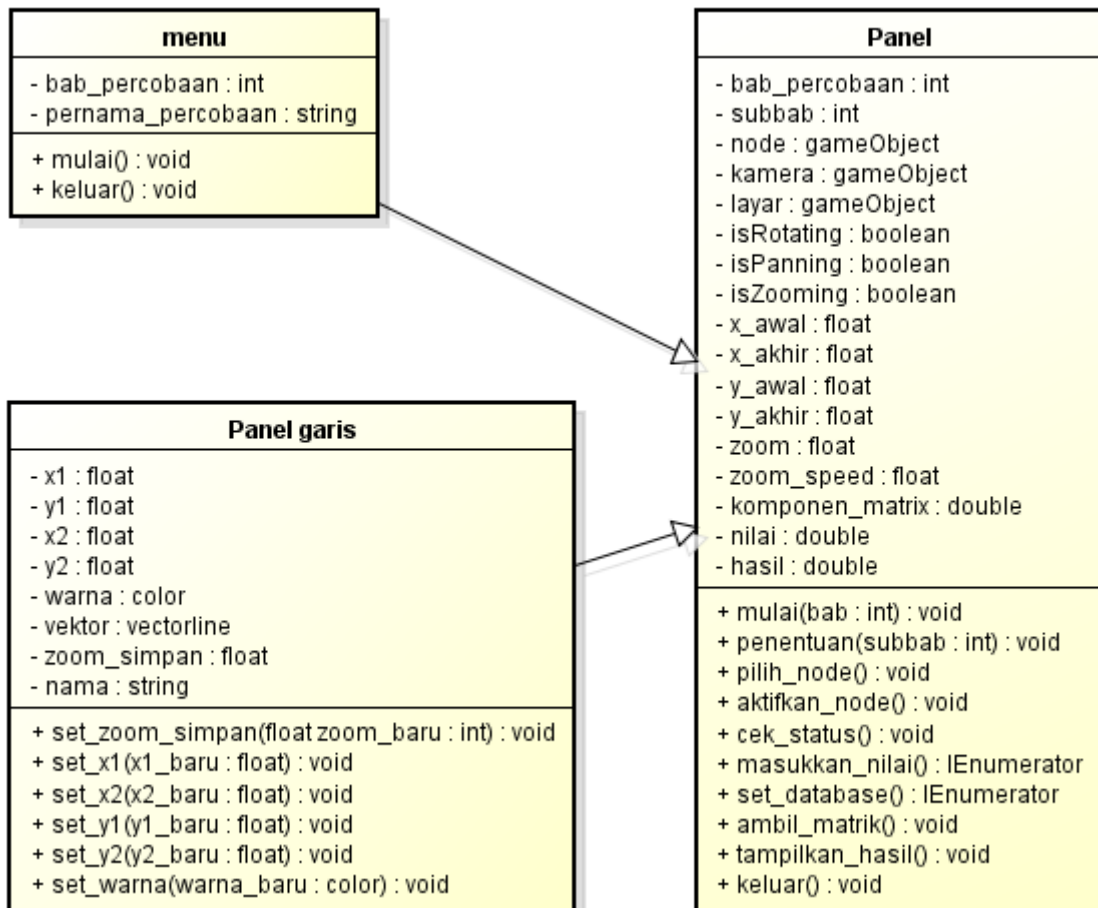
4.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ditujukan untuk memberikan gambaran secara umum mengenai perangkat lunak yang akan dibuat. Hal ini berguna untuk menunjang pembuatan perangkat lunak sehingga kebutuhan perangkat lunak tersebut dapat terpenuhi. Perancangan perangkat lunak pada skripsi ini menggunakan pendekatan desain berorientasi objek yang direpresentasikan dengan menggunakan UML (*Unified Modeling Language*). Pada proses desain dilakukan identifikasi terhadap klas-klas yang dibutuhkan yang dimodelkan dalam *class diagram* dan hubungan interaksi antar objek yang telah diidentifikasi, dimodelkan dalam *sequence diagram*.

4.2.1 Class Diagram

Class diagram memberikan gambaran pemodelan elemen-elemen kelas yang membentuk sebuah sistem perangkat lunak mulai dari atribut-atribut serta metode-metodenya dan hubungannya dengan kelas-kelas lain dalam sebuah sistem. *Class diagram* sistem ini ditunjukkan pada Gambar 4.2.





Gambar 4.2 Diagram Kelas Sistem

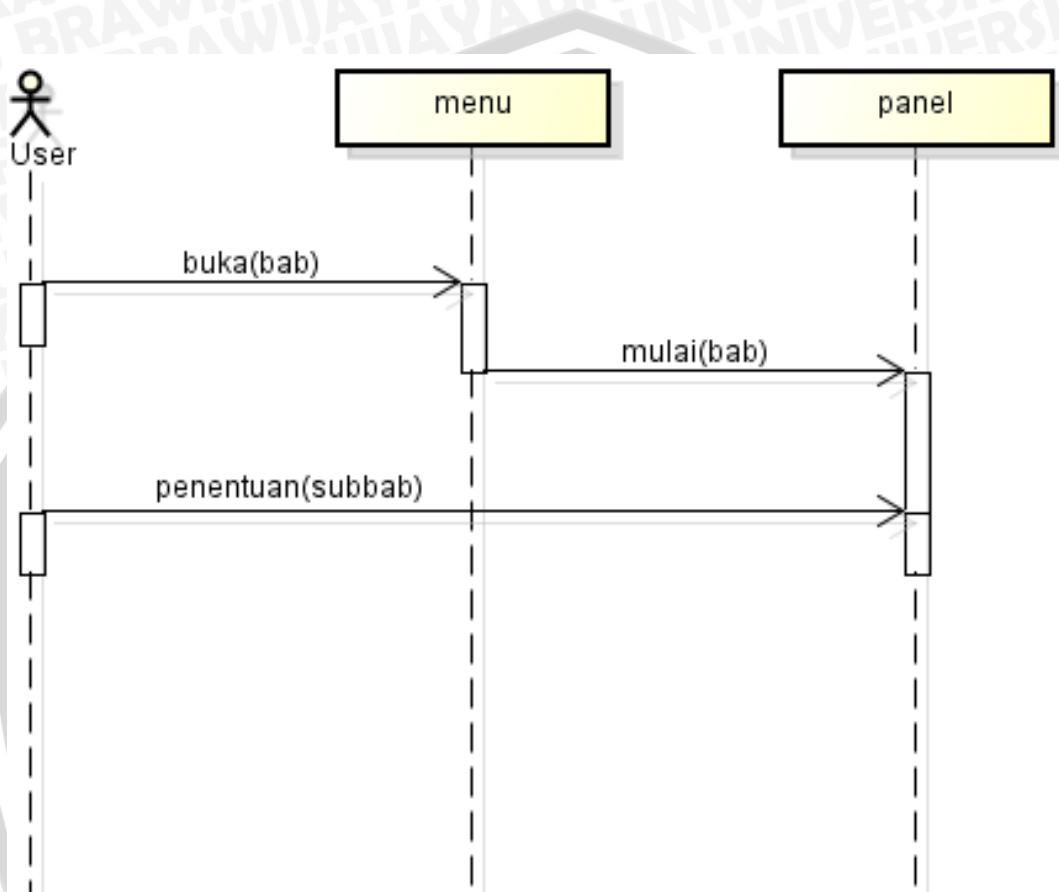
Gambar 4.2 menjelaskan kelas-kelas yang membentuk sistem ini serta relasi antar kelas tersebut. Sistem terdiri dari tiga kelas yaitu kelas menu, kelas panel dan kelas panel garis. Kelas menu digunakan untuk proses pemilihan percobaan. Kelas panel digunakan sebagai tempat untuk simulasi praktikum. Kelas Panel Garis digunakan untuk menyambung node-node pada kelas panel yang hendak dihubungkan.

4.2.2 Sequence Diagram

Sequence Diagram menunjukkan sebuah interaksi antara objek-objek dari suatu kelas yang disusun ke dalam urutan waktu. Perancangan *sequence diagram* ini secara khusus mengambil acuan pada *use case* untuk membentuk fungsionalitas sistem. Pada bagian ini akan digambarkan *Sequence Diagram* dari masing-masing fungsionalitas sistem yang digambarkan pada *use case*.

4.2.2.1 Sequence Diagram memilih percobaan

Sequence Diagram ini menggambarkan interaksi yang terjadi ketika seorang *user* memilih percobaan yang akan disimulasikan. *Sequence Diagram* memilih percobaan dijelaskan pada Gambar 4.3

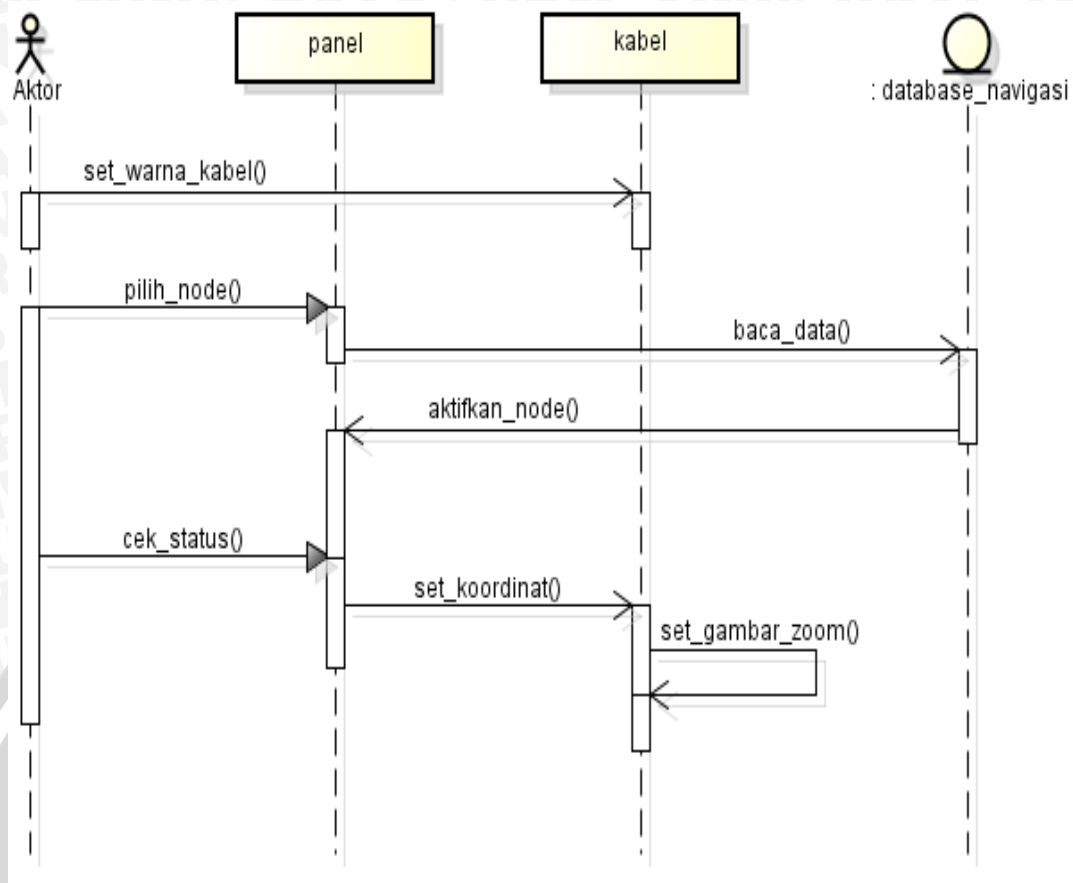


Gambar 4.3 Sequence Diagram Memilih percobaan yang akan disimulasikan

Gambar 4.3 menjelaskan Sequence Diagram memilih percobaan yang terdiri dari dua langkah yaitu buka(bab) dan penentuan(subbab). Kelas-kelas yang berperan dalam memilih percobaan adalah kelas menu dan kelas panel.

4.2.2.2 Sequence Diagram Menyusun Rangkaian

Sequence Diagram ini menggambarkan interaksi yang terjadi ketika seorang *user* memilih menyusun rangkaian. *Sequence Diagram* Menyusun rangkaian dijelaskan pada Gambar 4.4

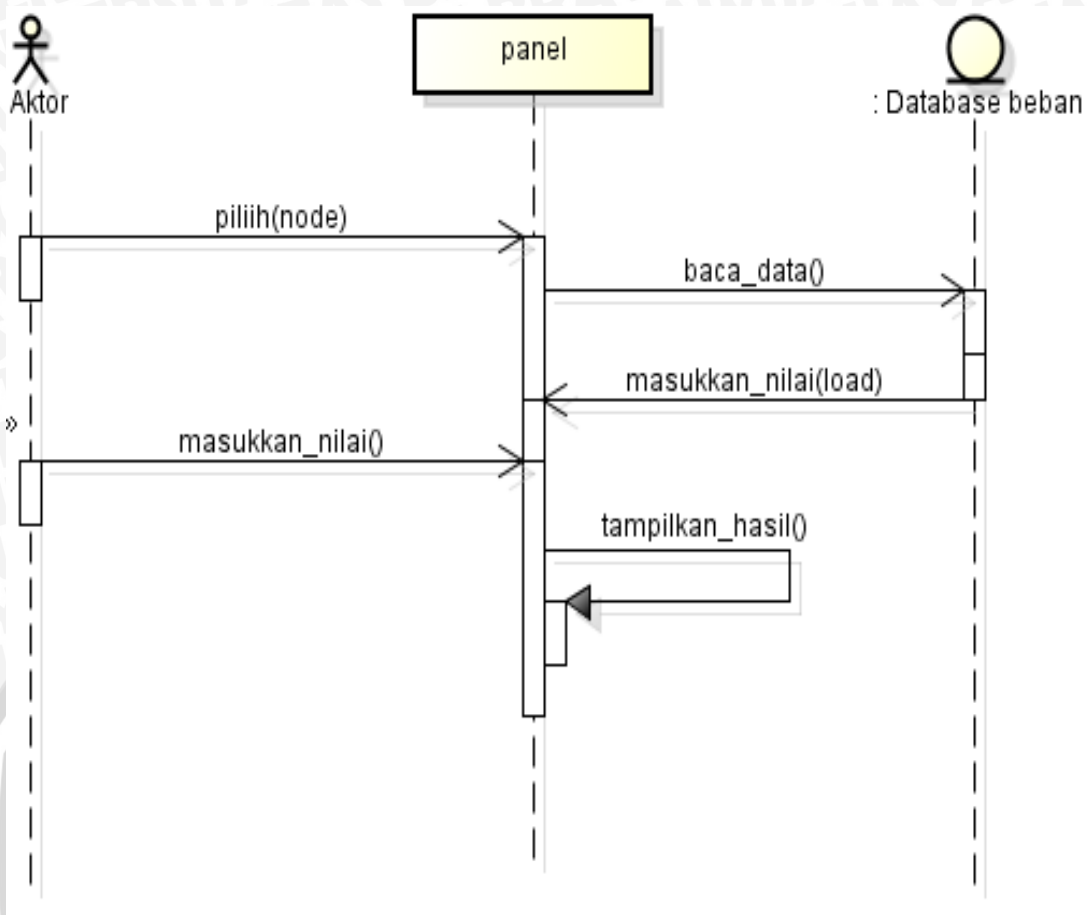


Gambar 4.4 Sequence Diagram Menyusun Rangkaian

Gambar 4.4 menceritakan urutan dalam menyusun rangkaian dimana kelas-kelas yang terlibat adalah kelas panel dan kelas kabel. Proses menyusun rangkaian juga menggunakan database yang digunakan sebagai fasilitas navigasi.

4.2.2.3 Sequence Diagram menganalisis rangkaian

Sequence Diagram ini menggambarkan interaksi yang terjadi ketika seorang *user* menganalisis rangkaian. Sequence Diagram menganalisis rangkaian dijelaskan pada Gambar 4.5

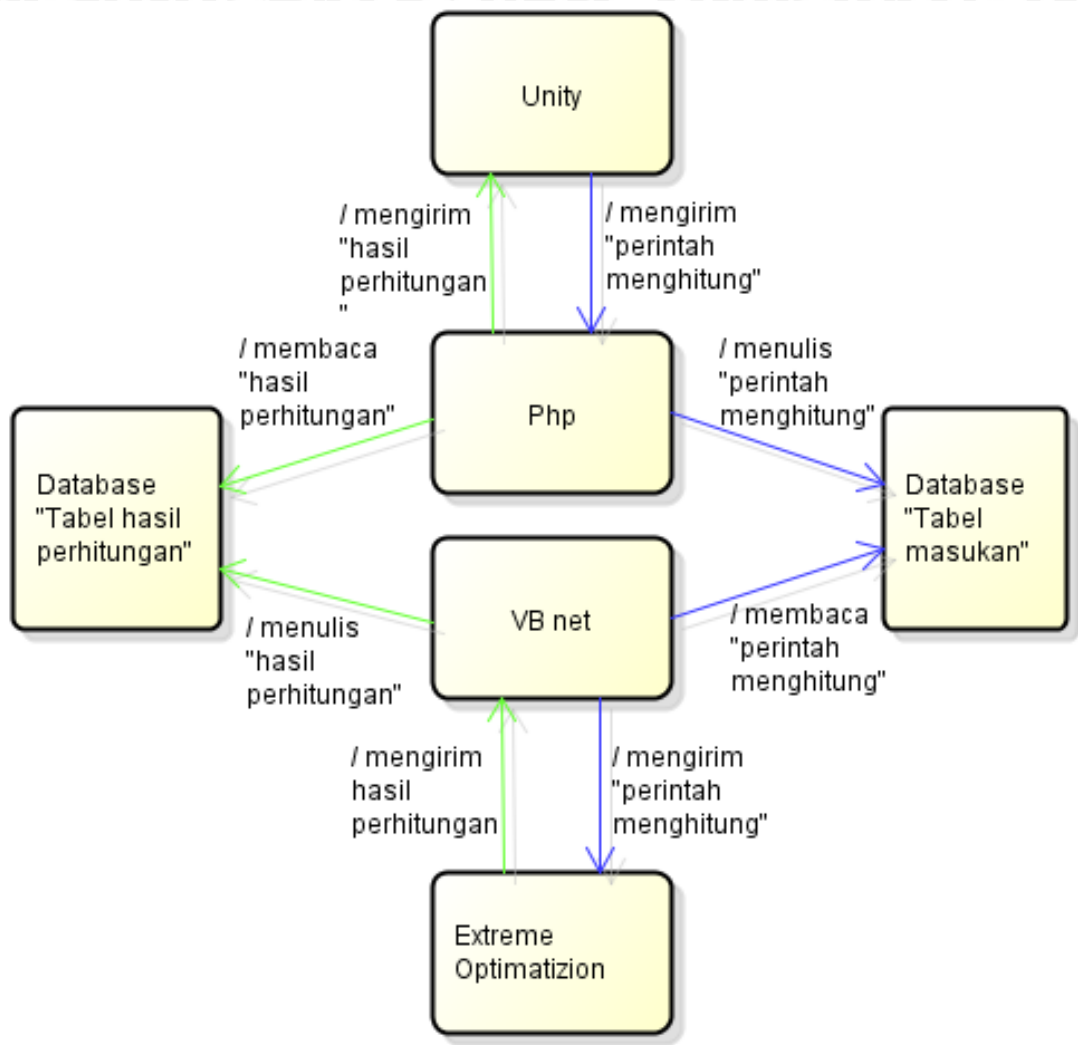


Gambar 4.5 Sequence Diagram Menganalisis Rangkaian

Gambar 4.5 menjelaskan proses menganalisis rangkaian yang terdiri dari kelas panel dan database. Database digunakan sebagai tempat menyimpan nilai impedansi dari node-node yang ada pada kelas panel.

4.2.3. Mekanisme Perhitungan

Mekanisme perhitungan digunakan sebagai program bantu perhitungan. *Unity* memiliki keterbatasan dalam perhitungan, khususnya perhitungan yang menggunakan operasi matrix bilangan *complex*. Padahal, perhitungan tersebut mutlak diperlukan dalam sistem ini. Keterbatasan tersebut dapat diatasi dengan mengkomunikasikan Extreme Optimatizion dengan *Unity* menggunakan database melalui interface VB-Net dan PHP. Extreme Optimatizion adalah plug in dari VB-Net yang dapat melakukan perasi invers matrix bilangan *complex*. Mekanisme perhitungan dijelaskan pada diagram blok yang tertera pada Gambar 4.6

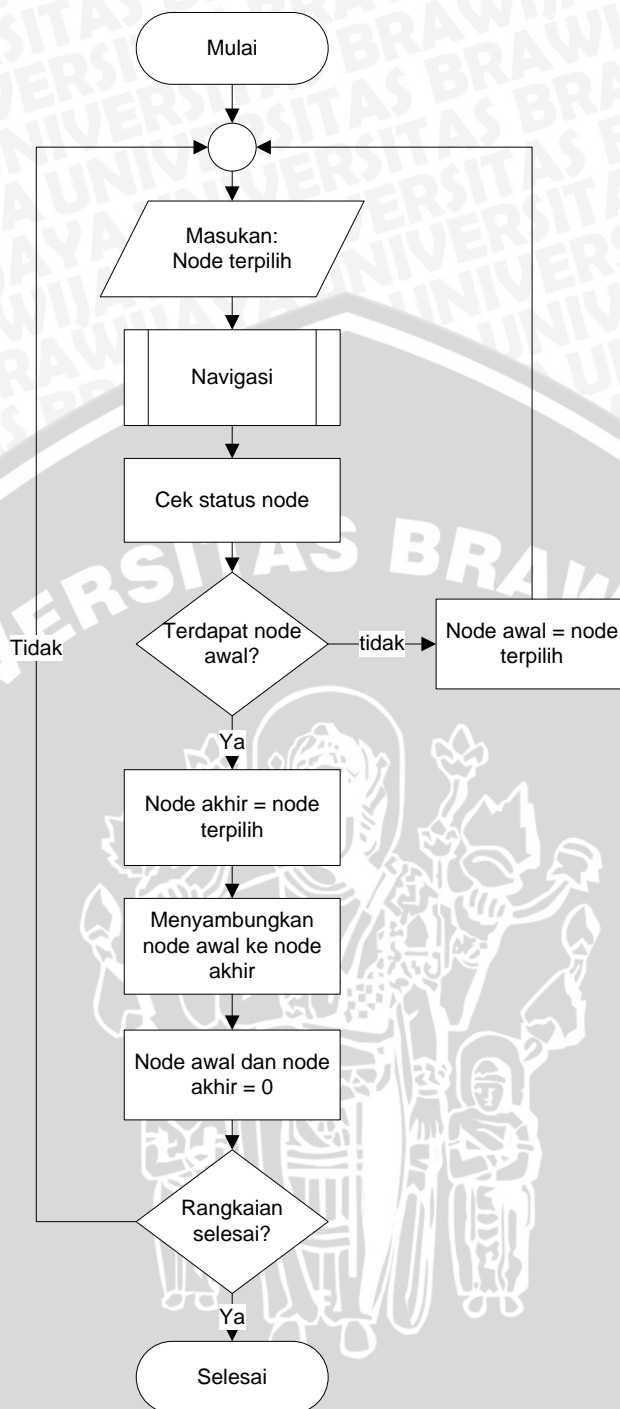


Gambar 4.6 Diagram blok mekanisme perhitungan

Gambar 4.6 menjelaskan bagaimana sistem melakukan perhitungan yang melibatkan PHP, VB-Net dan Extreme Optimatizion.

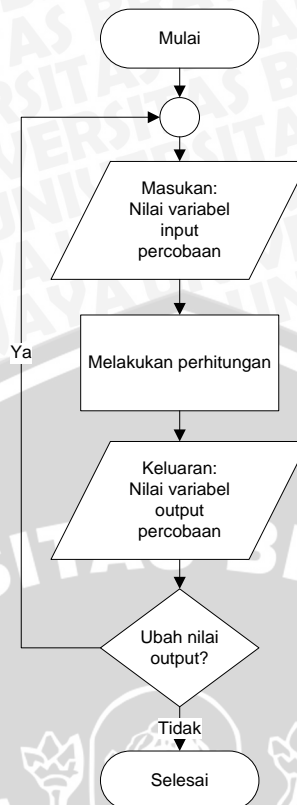
4.2.4. Diagram Alir Sistem

Diagram alir digunakan untuk menggambarkan proses-proses berdasarkan urutan langkah dari suatu proses ke proses lainnya. Pada bagian ini akan digambarkan diagram alir proses menyusun rangkaian dan proses menganalisis rangkaian. Diagram alir proses menyusun rangkaian dijelaskan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Alir Menyusun Rangkaian

Gambar 4.7 menjelaskan proses-proses yang dilakukan mulai dari sistem mendapat data masukan hingga terbentuknya suatu rangkaian. Adapun Diagram alir proses menganalisis rangkaian dijelaskan pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Diagram Alir Menganalisis Rangkaian

Gambar 4.8 menjelaskan proses yang dilakukan sistem dalam menganalisis rangkaian yang terbentuk. Pada dasarnya rangkaian yang telah terbentuk tersebut telah menyimpan nilai-nilai parameter masukan yang telah dipilih pada suatu percobaan. Nilai masukan tersebut akan diolah dengan perhitungan untuk kemudian hasilnya dikeluarkan sebagai tanggapan dari sistem.

4.2.5 Perhitungan Sistem

Pengolahan data dan perhitungan menjelaskan bagaimana sistem menghitung data berupa nilai-nilai parameter masukan hingga menjadi nilai-nilai yang dikeluarkan sebagai tanggapan sistem. Perhitungan sistem ini menggunakan rumusan-rumusan matematis yang telah tertera pada BAB 2. Perhitungan tersebut digunakan untuk percobaan transmisi pendek, percobaan transmisi menengah dan percobaan injeksi daya reaktif.

4.2.5.1 Percobaan Transmisi Jarak Pendek

Pada percobaan transmisi jarak pendek terdapat tiga keadaan yang akan diamati, yaitu keadaan tanpa beban, keadaan beban resistif dan keadaan beban kompleks. Berikut adalah persyaratan Z_{load} pada proses perhitungan tiap-tiap keadaan.

Keadaan tanpa beban

$$Z_{\text{load}} = \sim$$

Keadaan beban resistif

$$Z_{\text{load}} = R_{\text{load}}$$

Keadaan beban kompleks

$$Z_{\text{load}} = R_{\text{load}} + jX_{\text{load}}$$

Input dari percobaan ini adalah $V_s, R, X_L, R_{\text{load}}$ dan X_{load} . Output dari percobaan ini adalah $V_R, I_R, I_s, P_R, P_s, Q_R, Q_s$ dan $\cos \theta_R$. Berikut adalah rumus yang digunakan pada perhitungan percobaan ini

Berdasarkan persamaan 2.6 untuk perhitungan nilai V_R adalah :

$$V_R = \left(1 - \frac{(R+X_L)}{(Z_{\text{load}} + R + X_L)}\right) V_s$$

Berdasarkan persamaan 2.5 untuk perhitungan nilai I_R adalah :

$$I_R = V_s / (Z_{\text{load}} + R + X_L)$$

Berdasarkan persamaan 2.3 untuk perhitungan nilai I_s adalah :

$$I_s = V_s / (Z_{\text{load}} + R + X_L)$$

Berdasarkan persamaan 2.11 untuk mencari nilai $\cos \theta_R$ dan θ_s adalah

$$V_R I_R^* = S_R \angle \theta_R$$

$$V_s I_s^* = S_s \angle \theta_s$$

Berdasarkan persamaan 2.12 untuk menghitung nilai P_R dan P_s adalah:

$$P_R = |V_R| \cdot |I_R| \cos \theta_R$$

$$P_s = |V_s| \cdot |I_s| \cos \theta_s$$

Berdasarkan persamaan 2.13 untuk menghitung nilai Q_R dan Q_s adalah

$$Q_R = |V_R| \cdot |I_R| \sin \theta_R$$

$$Q_s = |V_s| \cdot |I_s| \sin \theta_s$$

4.2.5.2 Percobaan Transmisi Jarak Menengah

Pada percobaan jarak transmisi menengah terdapat tiga keadaan yang akan diamati, yaitu keadaan tanpa beban, keadaan beban resistif dan keadaan beban kompleks.

Berikut adalah persyaratan Z_{load} pada proses perhitungan tiap-tiap keadaan.

Keadaan tanpa beban

$$Z_{\text{load}} = \sim$$

Keadaan beban resistif

$$Z_{\text{load}} = R_{\text{load}}$$

Keadaan beban kompleks

$$Z_{\text{load}} = R_{\text{load}} + jX_{\text{load}}$$

Input dari percobaan ini adalah V_s , R , X_L , Y_C , R_{load} dan X_{load} . Output dari percobaan ini adalah V_R , I_R , I_s , P_R , P_s , Q_R , Q_s dan $\cos \theta_R$. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan percobaan ini

Berdasarkan persamaan 2.9 untuk menghitung nilai I_R adalah :

$$I_R = V_s / ((R + X_L)Y_C + 1)(Z_{\text{load}} + R + X_L)$$

Berdasarkan persamaan 2.8 untuk menghitung nilai I_s adalah :

$$I_s = V_s Y + Z_{\text{load}} I_R Y + I_R$$

Berdasarkan persamaan 2.10 untuk menghitung nilai V_R adalah :

$$V_R = \frac{V_s - (R + X_L)I_R}{((R + X_L)Y_C + 1)}$$

Berdasarkan persamaan 2.11 untuk mencari nilai $\cos \theta_R$ dan $\cos \theta_s$ adalah

$$V_R I_R^* = S_R \angle \theta_R$$

$$V_s I_s^* = S_s \angle \theta_s$$

Berdasarkan persamaan 2.12 untuk menghitung nilai P_R dan P_s adalah :

$$P_R = |V_R| \cdot |I_R| \cos \theta_R$$

$$P_s = |V_s| \cdot |I_s| \cos \theta_s$$

Berdasarkan persamaan 2.13 untuk menghitung nilai Q_R dan Q_s adalah :

$$Q_R = |V_R| \cdot |I_R| \sin \theta_R$$

$$Q_s = |V_s| \cdot |I_s| \sin \theta_s$$

4.2.5.3 Percobaan Injeksi Daya Reaktif

Pada percobaan Injeksi daya reaktif terdapat dua keadaan yang akan diamati. Keadaan pertama adalah keadaan bus beban tanpa kapasitor sedangkan keadaan kedua adalah keadaan salah satu bus menggunakan kapasitor.

Keadaan bus beban tanpa kapasitor

$$Y_{i0} = R_x$$

Keadaan bus beban dipasang kapasitor

$$Y_{i0} = R_x + Y_{\text{load}}$$

Input dari percobaan adalah V_s , R , X_L , Y_{load} dan R_x . Output dari percobaan ini adalah nilai V_R , P_R , P_s , Q_R , Q_s dan $\cos \theta_R$. Perhitungan untuk mendapatkan nilai output dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini

1. Pembentukan matrix Y_{bus} dilakukan dengan persamaan sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{Z_{12}} & -\frac{1}{Z_{12}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{Z_{12}} & \frac{1}{Z_{20}} + \frac{1}{Z_{12}} + \frac{1}{Z_{23}} & -\frac{1}{Z_{23}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{Z_{23}} & \frac{1}{Z_{30}} + \frac{1}{Z_{23}} + \frac{1}{Z_{34}} & -\frac{1}{Z_{34}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{Z_{34}} & \frac{1}{Z_{40}} + \frac{1}{Z_{34}} + \frac{1}{Z_{45}} & -\frac{1}{Z_{45}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{Z_{45}} & \frac{1}{Z_{50}} + \frac{1}{Z_{45}} + \frac{1}{Z_{56}} & -\frac{1}{Z_{56}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{Z_{56}} & \frac{1}{Z_{60}} + \frac{1}{Z_{56}} + \frac{1}{Z_{67}} & -\frac{1}{Z_{67}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{Z_{67}} & \frac{1}{Z_{70}} + \frac{1}{Z_{67}} \end{bmatrix}$$

2. Persamaan untuk membentuk matrix Z_{bus} adalah

$$Z_{bus} = Y_{bus}^{-1}$$

3. Perhitungan tegangan E_i adalah sebagai berikut

$$E_2 = \frac{Z_{21}}{Z_{11}} E_1$$

$$E_3 = \frac{Z_{31}}{Z_{11}} E_1$$

$$E_4 = \frac{Z_{41}}{Z_{11}} E_1$$

$$E_5 = \frac{Z_{51}}{Z_{11}} E_1$$

$$E_6 = \frac{Z_{61}}{Z_{11}} E_1$$

$$E_7 = \frac{Z_{71}}{Z_{11}} E_1$$

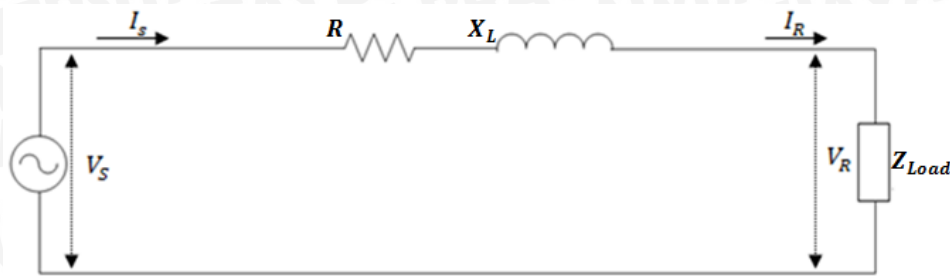
4.2.6 Perhitungan Manual

Perhitungan manual digunakan untuk memberikan suatu gambaran umum dari perancangan sistem. Dengan adanya perhitungan manual akan mempermudah pengaplikasian pembuatan program perhitungan. Perhitungan manual dilakukan pada setiap percobaan dengan cara menghitung nilai variable output dimana nilai variable input telah ditentukan terlebih dahulu.

4.2.6.1 Perhitungan Percobaan Transmisi pendek

Di bawah ini akan dijelaskan contoh perhitungan percobaan transmisi pendek. Rangkaian percobaan dijelaskan pada Gambar 4.6





Gambar4.9 Rangkaian percobaan transmisi pendek

Nilai variable input ditentukan sebagai berikut

$$R = 2.5 \Omega$$

$$L = 10 \text{ mH}$$

$$R_{\text{load}} = 220 \Omega$$

$$X_{L_{\text{load}}} = 152.5 \Omega$$

$$V_S = 100 \text{ volt}$$

Selanjutnya nilai input dimasukkan ke dalam rumus perhitungan untuk memperoleh nilai dari variable output. Variabel output pada percobaan ini adalah V_R , I_R , P_R , $\cos \theta_R$, I_S , P_S dan $\cos \theta_R$.

Nilai V_R dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6

$$V_R = \left(1 - \frac{(2.5+3.14i)}{(71.4649+103.0293i+2.5+3.14i)} \right) 100$$

$$= 96.9044 + 0.1981i = 96.9046 \angle 0 \text{ V}$$

Nilai I_R dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5

$$I_R = (71.4649 + 103.0293i + 2.5 + 3.14i)$$

$$= 0.4417 - 0.6341i \text{ A} = 0.7727 \angle -52.83 \text{ A}$$

Nilai I_S dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3

$$I_S = 0.7727 \angle -52.83 \text{ A}$$

Nilai S_R dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11

$$S_R = (96.9044+0.1981i) \times (0.4417 + 0.6341i)$$

$$= 42.6841 + 61.5367i = 74.891 \angle 55.27$$

$\cos \theta_R$ adalah nilai cosines sudut fasor S_R . sehingga nilai nilai $\cos \theta_R$ adalah

$$\cos \theta_R = \cos (55.27) = 0.57$$

Nilai P_R dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12

$$P_R = 42.6841 + 61.5367i * 0.5699 = 42.6841 \text{ W}$$

Nilai S_S dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11

$$\begin{aligned} S_S &= 100 * (0.4417 + 0.6341i) \\ &= 44.1773 + 63.4121i = 77.2833 \angle 55.02 \text{ VA} \end{aligned}$$

$\cos \theta_S$ adalah nilai cosines sudut fasor S_S . sehingga nilai $\cos \theta_S$ adalah

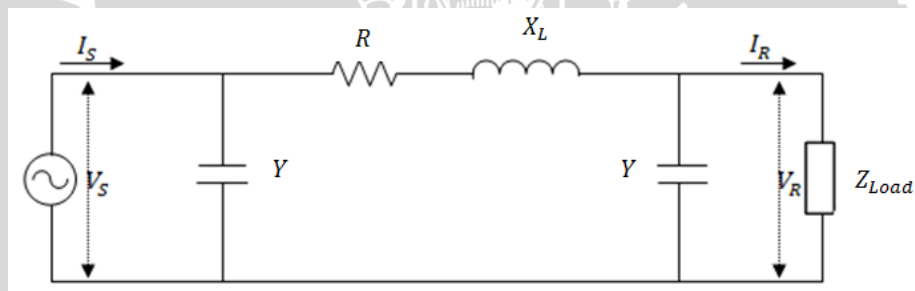
$$\cos \theta_S = \cos 55.1362 = 0.57$$

Nilai P_S dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12

$$P_S = (44.1773 + 63.4121i) * 0.5716 = 44.1773 \text{ W}$$

4.2.5.2 Perhitungan Percobaan Transmisi Jarak Menengah

Di bawah ini akan dijelaskan contoh perhitungan percobaan transmisi menengah. Rangkaian percobaan dijelaskan pada Gambar 4.10



Gambar4.10 Rangkaian percobaan transmisi menengah

Nilai variable input ditentukan sebagai berikut

$$R = 2.5 \Omega$$

$$L = 10\text{mH}$$

$$R_{\text{load}} = 1500 \Omega$$

$$C = 4 \mu\text{F}$$

$$V_S = 100 \text{ volt}$$

Selanjutnya nilai input dimasukkan ke dalam rumus perhitungan untuk memperoleh nilai dari variable output. Variabel output pada percobaan ini adalah V_R , I_R , P_R , $\cos \theta_R$, I_S , P_S dan $\cos \theta_R$

Nilai I_R dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9

$$\begin{aligned} I_R &= 100 / (((2.5 + 3.14i) 0.0013i + 1)(220 + 2.5 + 3.14i)) \\ &= (0.0668 - 0.0003i) = 0.0668 \angle -0.2573 \text{ A} \end{aligned}$$

Nilai I_S dihitung dengan menggunakan persamaan persamaan 2.8

$$\begin{aligned} I_S &= 100 \times 0.0012i + 1500 \times (0.0668 - 0.0003i) \cdot 0.001256i + (0.0668 - 0.0003i) \\ &= (0.0674 + 0.2511i) = 0.2600 \angle 74.9749 \text{ A} \end{aligned}$$

Nilai V_R dihitung dengan menggunakan persamaan persamaan 2.10

$$\begin{aligned} V_R &= 100 - (2.5 + 3.14i) \cdot (0.0668 - 0.0003i) / ((2.5 + 3.14i) \cdot 0.001256i + 1) \\ &= 100.2254 - 0.5257i = 100.2268 \angle -0.3005 \text{ V} \end{aligned}$$

Nilai S_R dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11

$$\begin{aligned} S_R &= (100.22545 - 0.5257i) \times (0.0668 + 0.0003i) \\ &= 6.6970 - 0.0002i = 6.697 \angle 0 \text{ VA} \end{aligned}$$

$\cos \theta_S$ adalah nilai cosines sudut fasor S_R . sehingga nilai $\cos \theta_R$ adalah

$$\cos \theta_R = \cos 0 = 1$$

Nilai P_S dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12

$$P_R = 6.6970 \text{ W}$$

Nilai S_S dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11

$$\begin{aligned} S_S &= 100 \cdot (0.0674 - 0.2511i) \\ &= (6.7477 - 25.1134i) = 26 \angle -74.9603 \text{ VA} \end{aligned}$$

$\cos \theta_S$ adalah nilai cosines sudut fasor S_S sehingga nilai nilai $\cos \theta_S$ adalah

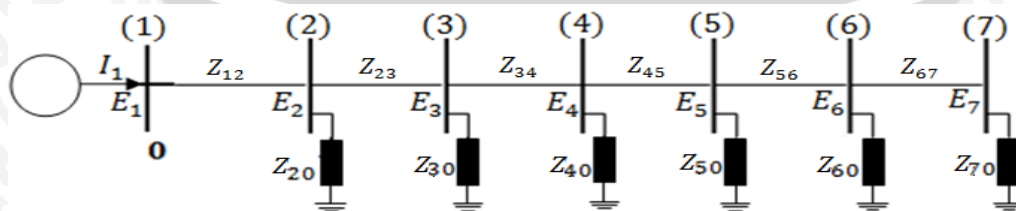
$$\cos \theta_S = \cos (-74.9603) = 0.2594$$

Nilai P_S dihitung dengan menggunakan persamaan 2.12

$$P_S = 6.7477 \text{ W}$$

4.2.6.3 Percobaan Injeksi daya reaktif

Di bawah ini akan dijelaskan contoh perhitungan percobaan transmisi menengah. Rangkaian percobaan dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4.11 Rangkaian percobaan jaringan distribusi radial 6 bus 1 generator

Nilai dari variable-variable input ditentukan sebagai berikut

$$Z_{12} = Z_{23} = Z_{34} = Z_{45} = Z_{56} = Z_{67} = 2.5 + 3.14i \Omega$$

$$Z_{20} = Z_{30} = Z_{40} = Z_{50} = Z_{60} = Z_{70} = 968 \Omega$$

$$E_1 = 100 \text{ V}$$

Dari data-data masukan yang telah ada maka langkah berikutnya adalah membuat matrix Y_{bus} sesuai dengan persamaan

$$Y_{\text{bus}} = G_{\text{bus}} + iB_{\text{bus}}$$

$$G_{\text{bus}} = \begin{bmatrix} 0.1551 & -0.1551 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.1551 & 0.3114 & -0.1551 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.1551 & 0.3114 & -0.1551 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.1551 & 0.3114 & -0.1551 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -0.1551 & 0.3114 & -0.1551 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1551 & 0.3114 & -0.1551 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1551 & 0.1562 \end{bmatrix}$$

$$B_{\text{bus}} = \begin{bmatrix} -0.1949 & 0.1949 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1949 & -0.3898 & 0.1949 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1949 & -0.3898 & 0.1949 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1949 & -0.3898 & 0.1949 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1949 & -0.3898 & 0.1949 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1949 & -0.3898 & 0.1949 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1949 & -0.1949 \end{bmatrix}$$

Setelah matrix Y_{bus} terbentuk, langkah berikutnya adalah membentuk matrix Z_{bus} dengan menginvers matrix Y_{bus} .

$$Z_{\text{bus}} = R_{\text{bus}} + iX_{\text{bus}}$$

$$R_{\text{bus}} = \begin{bmatrix} 7.8625 & 4.7225 & 2.1305 & 0.073 & -1.4607 & -2.4788 & -2.9865 \\ 4.7225 & 4.7225 & 2.1305 & 0.073 & -1.4607 & -2.4788 & -2.9865 \\ 2.1305 & 2.1305 & 2.665 & 0.5967 & -0.945 & -1.9684 & -2.4788 \\ 0.073 & 0.073 & 0.5967 & 1.6469 & 0.089 & -0.945 & -1.4607 \\ -1.4607 & -1.4607 & -0.945 & 0.089 & 1.6469 & 0.5967 & 0.073 \\ -2.4788 & -2.4788 & -1.9684 & -0.945 & 0.5967 & 2.665 & 2.1305 \\ -2.9865 & -2.9865 & -2.4788 & -1.4607 & 0.073 & 2.1305 & 4.7225 \end{bmatrix}$$

$$X_{\text{bus}} = \begin{bmatrix} 167.6690 & 165.169 & 163.0803 & 161.405 & 160.1479 & 159.308 & 158.888 \\ 165.169 & 165.169 & 163.0803 & 161.405 & 160.1479 & 159.308 & 158.888 \\ 163.0803 & 163.0803 & 163.4945 & 161.822 & 160.5663 & 159.727 & 159.308 \\ 161.4058 & 161.4058 & 161.8224 & 162.655 & 161.4024 & 160.566 & 160.147 \\ 160.1479 & 160.1479 & 160.5663 & 161.402 & 162.655 & 161.822 & 161.405 \\ 159.3084 & 159.3084 & 159.7279 & 160.566 & 161.8224 & 163.494 & 163.08 \\ 158.888 & 158.8884 & 159.3084 & 160.147 & 161.4058 & 163.080 & 165.169 \end{bmatrix}$$

Dari matrix Zbus tersebut maka diperoleh nilai-nilai Z_{11} sebagai berikut

$$Z_{11} = 167.6690 + 7.8625i \Omega$$

$$Z_{21} = 165.1690 + 4.7225i \Omega$$

$$Z_{31} = 163.0803 + 2.1305i \Omega$$

$$Z_{41} = 161.4058 + 0.0730i \Omega$$

$$Z_{51} = 160.1479 - 1.4607i \Omega$$

$$Z_{61} = 159.3084 - 2.4788i \Omega$$

$$Z_{71} = 158.8884 - 2.9865i \Omega$$

Nilai dari masing-masing Ebus dihitung berdasarkan persamaan

$$E_2 = \frac{165.1690 + 4.7225i}{167.6690 + 7.8625i} \times 100 = 98.4410 \text{ V}$$

$$E_3 = \frac{163.0803 + 2.1305i}{167.6690 + 7.8625i} \times 100 = 97.1647 \text{ V}$$

$$E_4 = \frac{161.4058 + 0.0730i}{167.6690 + 7.8625i} \times 100 = 96.1588 \text{ V}$$

$$E_5 = \frac{160.1479 - 1.4607i}{167.6690 + 7.8625i} \times 100 = 95.4134 \text{ V}$$

$$E_6 = \frac{159.3084 - 2.4788i}{167.6690 + 7.8625i} \times 100 = 94.9208 \text{ V}$$

$$E_7 = \frac{158.8884 - 2.9865i}{167.6690 + 7.8625i} \times 100 = 94.6758 \text{ V}$$