

# PEMODELAN DAN SIMULASI PENGGUNAAN APLIKASI *RELAY* JARAK IMPEDANS PADA SISTEM DISTRIBUSI MENGGUNAKAN PSCAD (*POWER SYSTEMM COMPUTER AIDED DESAIN*)

Andi Faharuddin<sup>1</sup>, Risti Yanti<sup>2</sup>, M. Fauzan Muayyad<sup>3</sup>, Abdul Hafid<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

e-mail : [afaharuddin@gmail.com](mailto:afaharuddin@gmail.com), [ristiyanti279@gmail.com](mailto:ristiyanti279@gmail.com), [fauzanmyyd@gmail.com](mailto:fauzanmyyd@gmail.com),  
[abdul.hafid@unismuh.ac.id](mailto:abdul.hafid@unismuh.ac.id)

**Abstract :** *This study focuses on modeling and simulation of the use of impedance distance relay applications in distribution systems utilizing PSCAD (Power System Computer Aided Design) software. Distance relays are used as protection to detect and respond to disturbances in the electrical network, especially in the Pajalau Feeder. The purpose of this research study is to present an application model of the distance relay application model and analyze the performance of the model under normal circumstances and when disruptions occur. The method used involves modeling the electric power system, disturbance simulation, and analysis of distance relay response. The data used comes from the Sungguminasa Substation with a short circuit current source and technical specifications of the distribution channel. Simulations are carried out under various conditions, such as normal conditions, internal disturbances, and outside disruptions. The result of the simulation indicate that the distance relay can detect and respond to disturbances well, and give commands to break the circuit when a disturbance occurs. The relay also shows stability under external disturbance conditions, so it does not cause unnecessary disconnections. This research aids in creating a more reliable electric power protection system using PSCAD software.*

**Intisari :** Penelitian ini berfokus pada pemodelan dan simulasi penggunaan aplikasi relay jarak impedansi pada sistem distribusi memanfaatkan perangkat lunak PSCAD (*Power System Computer Aided Design*). Relay jarak digunakan sebagai proteksi untuk mendeteksi dan merespon gangguan pada jaringan listrik, khususnya pada Feeder Pajalau. Tujuan dari studi penelitian ini adalah untuk menghadirkan model aplikasi relay jarak dan menganalisis kinerja model tersebut pada situasi normal dan ketika terjadi gangguan. Metode yang digunakan melibatkan pemodelan sistem tenaga listrik, simulasi gangguan, dan analisis respon relay jarak. Data yang digunakan berasal dari Gardu Induk Sungguminasa dengan sumber arus hubung singkat dan spesifikasi teknis saluran distribusi. Simulasi dilakukan pada berbagai kondisi, seperti kondisi normal, gangguan internal, dan gangguan eksternal. Hasil simulasi menunjukkan bahwa relay jarak dapat mendeteksi dan merespons gangguan dengan baik, serta memberikan perintah untuk memutus sirkuit ketika terjadi gangguan. Relay juga menunjukkan stabilitas pada kondisi gangguan eksternal, sehingga tidak menyebabkan pemutusan yang tidak diperlukan. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem proteksi tenaga listrik yang lebih handal menggunakan perangkat lunak PSCAD.

**Kata kunci :** Relay Jarak, PSCAD, Sistem Distribusi, Pemodelan, Simulasi, Proteksi Jaringan

## I. PENDAHULUAN

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari 3 komponen utama yaitu stadium- stadium pembangkit, saluran-saluran transmisi dan sistem-sistem distribusi. Saluran transmisi merupakan mata rantai penghubung antara stadium pembangkit dan sistem distribusi dan menghubungkan dengan sistem daya lain melalui interkoneksi. Oleh karena itu saluran transmisi komponen paling vital pada sistem tenaga (Stevenson, 1990).

Manurut Arismunandar dan Kuwaraha (1972) saluran transmisi dibagi dua yaitu saluran udara (*overhead line*) yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada tiang-tiang transmisi dengan perantara isolator-isolator dan saluran bawah tanah (*underground*) yang menyalurkan melalui kabel-kabel bawah tanah. Di bandingkan saluran bawah tanah, saluran udara terpengaruh oleh cuaca buruk, topan, hujan angin, bahaya petir yang mengakibatkan rentan terjadinya gangguan hubung singkat pada jaringan tersebut.

Sebuah sistem kelistrikan harus dapat memastikan ketersediaan energi listrik yang diperlukan pada setiap beban yang berhubungan dengan sistem itu. Kontinuitas ini sering menghadaoi masalah gangguan hubungan singkat yang terjadi dalam tenaga listrik, gangguan ini tidak dapat dihindari keberadaannya. Sebab upaya yang bisa dilakukan adalah menghindari atau mencegah dampak selanjutnya dari gangguan tersebut.

Relai adalah komponen yang bisa mendeteksi adanya gangguan. Untuk melindungi jaringan transmisi, umumnya digunakan beberapa jenis relai, salah satunya relai jarak. Rele jarak (*distance relay*) dimanfaatkan sebagai pelindung pada saluran transmisi karena kemampuannya

sangat cepat dalam mengatasi gangguan serta penyetelannya/pengaturannya yang cukup mudah dan simpel.

Pemodelan perangkat lunak dan pengujian relai pelindung telah menjadi masalah penting di bidang penelitian relai. Beberapa model dan simulasi relai individu telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir Sebuah laporan berjudul Model Perangkat Lunak untuk Relai telah dipresentasikan oleh Komite Relai Sistem Tenaga IEEE dan memberikan ringkasan simulasi relai

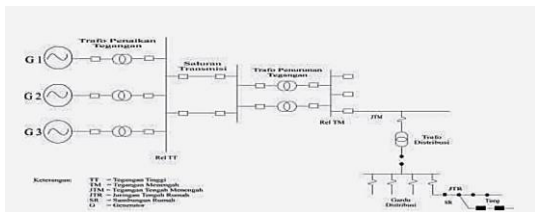
Pemodelan dan simulasi relai pelindung telah dipelajari dan dikembangkan sejak awal 1990-an di Manitoba HVDC Research Centre Inc., Kanada. Kami mencoba membuat model relai yang tersedia secara komersial berdasarkan PSCAD/EMTDC dari informasi yang tersedia untuk umum. Simulator relai ini terutama akan digunakan untuk evaluasi kinerja sistem perlindungan praktis oleh insinyur utilitas dan untuk studi relai pelindung oleh para peneliti. Tujuan utama kami adalah untuk membangun pemodelan relai yang relatif lengkap dan sistem simulasi berdasarkan perpustakaan komponen relai di PSCAD / EMTDC, dan untuk menguji dan membandingkan kinerja antara model relai dan relai fisik untuk mengevaluasi efektivitas dan akurasi pemodelan dan simulasi relai.

*Power System Computer Aided Design* (PSCAD) memungkinkan pemakai untuk melakukan pemodelan sistem tenaga, relai, gangguan, dan sebagainya. Pemodelan yang dilakukan dapat disimulasikan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, sehingga dari hasil simulasi ini dapat diketahui performa relai terhadap gangguan sesuai dengan pemodelan yang akan dibuat.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem tenaga Listrik

Menurut Arismunandar dan Kuwahara (1972) Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi dan saluran distribusi. Kadang kala juga ditemukan bagian yang keempat yaitu bagian subtransmisi. Sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain. Sistem distribusi dimulai dari saluran subtransmisi ke saluran pelayanan konsumen (pusat beban). Gambar 2.1 berikut memperlihatkan diagram sistem listrik sederhana, terdiri dari tiga generator yang terhubung dengan trafo penaikan tegangan. Daya yang mengalir melalui saluran transmisi diturunkan dulu oleh trafo penurunan tegangan sebelum dikirim ke trafo distribusi, dan setelah itu dialirkan ke pelanggan melalui gardu distribusi.



Gambar 2.1 Diagram satu garis sistem tenaga listrik

### B. Arus gangguan hubung singkat relay jarak

#### 1. Pengertian gangguan

Gangguan adalah keadaan tidak normal pada suatu sistem tenaga. Sistem tenaga yang terdiri dari generator, pemutus, transformator, rangkaian transmisi dan distribusi, suatu saat akan mengalami gangguan. Gangguan disebabkan adanya kesalahan dalam suatu rangkaian yang menyebabkan terganggunya aliran arus normal (Stevenson, 1990)

### 2. Penyebab terjadinya gangguan

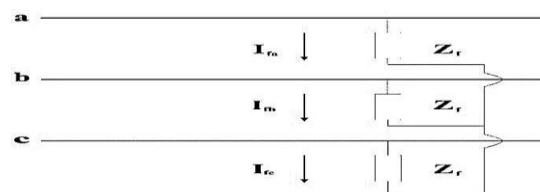
Pada sistem tenaga listrik bagian yang paling sering terkena gangguan adalah saluran transmisi yang beroperasi pada kondisi udara yang berbeda-beda. Pada sistem transmisi suatu gangguan terjadi disebabkan kesalahan mekanis, thermis dan tegangan lebih atau karena material yang cacat atau rusak, misalnya gangguan hubung singkat, gangguan ke tanah dan konduktor yang putus.

Faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem tegangan tinggi :

- Surja petir
- Polusi (debu)
- Pohon yang tumbuh dekat saluran transmisi
- Retak-retak pada isolator

### 3. Klasifikasi gangguan hubung singkat

Menurut Stevenson, (1990), klasifikasi gangguan hubung singkat berdasarkan bentuknya terbagi atas dua, yaitu: Gangguan simetris (hubung singkat tiga-fase) dan gangguan tak simetris. Gangguan simetris merupakan gangguan yang terjadi akibat adanya hubung singkat pada ketiga fase saluran penghantar, gangguan ini tidak akan merubah bentuk ke simetrisan pada sistem. Tegangan pada gangguan adalah:



Gambar 2.2 Gangguan tiga-fase sistematis

#### 4. Akibat yang ditimbulkan oleh gangguan hubung singkat

Besar dari arus hubung singkat itu tergantung dari sistem, metode hubung netral dari trafo, jarak gangguan dari unit pembangkit, angka pengenal dari alat-alat pengaman.

Akibat-akibat yang dapat ditimbulkan oleh gangguan hubung singkat antara lain:

- Pengurangan stabilitas sistem tenaga.
- Merusak peralatan karna arus yang besar atau tegangan rendah yang ditimbulkan gangguan hubung singkat.
- Mengganggu kontinuitas pelayanan daya kepada konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian (sirkuit) atau menyebabkan keluarnya suatu unit pembangkit.
- Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sehingga menimbulkan kebakaran dan membahayakan orang disekitarnya.

#### C. Sistem Proteksi

Sistem proteksi/pengaman suatu tenaga listrik yang membentuk suatu pola pengaman tidaklah hanya relai pengaman saja tetapi juga *Current Transformer* [CT] dan *Voltage Transformer* [VT] yang merupakan perangkat instrumen pada relai gangguan pengaman, sumber daya DC merupakan sumber untuk mengoperasikan relai pengaman dan pemutus tenaga PMT yang akan menerima perintah akhir dari relai pengaman.

Dari uraian di atas maka relay proteksi pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk:

1. Mendeteksi, mengukur, dan mengidentifikasi bagian sistem yang terganggu dan isolasi secepatnya sehingga sistem yang tidak terganggu dapat berjalan secara normal.
2. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.

3. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.

4. Memperkecil bahaya bagi manusia.

Tujuan dari relai adalah untuk mendeteksi adanya gangguan dan mengoperasikan pemutus tenaga yang benar sehingga dapat dipisahkan peralatan yang terganggu dari sistem secepat mungkin dan meminimalkan kerusakan yang mungkin terjadi. Relai juga berfungsi untuk menunjukkan lokasi dan macam gangguannya. Dalam beberapa hal relai hanya memberi gangguan atau kerusakan, jika dipandang gangguan atau kerusakan tersebut tidak membahayakan peralatan (Mason, 1979).

D. Beberapa jenis relai proteksi untuk saluran distribusi

##### 1. Relai arus lebih

relai arus lebih juga adalah perangkat terpenting alat proteksi saluran transmisi terhadap gangguan hubung singkat. Dari namanya, relai ini akan bekerja berdasarkan arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat. Apabila terjadi arus lebih akibat hubung singkat karna melebihi setting relai maka relai akan member instruksi *trip* ke pemutus daya sesuai dengan karakteristik waktunya.

##### 2. Relai jarak

Relai jarak adalah sarana untuk melindungi saluran transmisi dari bahaya masalah hubung singkat. Fungsi utama relai jarak yang mendeteksi kegagalan hubung singkat adalah menemukan rasio antara besaran tegangan dan besaran yang diukur dilokasi relai proteksi. Besaran yang diperoleh berupa



impedansi, resistansi, reaktansi saluran.

Terjadi keseimbangan antara relai jarak dan arus yang dinyatakan sebagai saluran impedansi dan operasi relai jarak ditentukan dengan membandingkan tegangan arus pada jaringan yang dilindunginya dengan nilai jarak. Jika rasio tegangan/arus lebih rendah daripada nilai yang ditetapkan, yang merupakan nilai penyesuaian, relai tersebut akan beroperasi.

Penunjukan kode angka ANSI/IEEE untuk *distance relaying* adalah 21. Tujuan dari *distance relay* (kode ANSI/IEEE 21) adalah untuk mematikan pemutus sirkuitnya jika terjadi gangguan dalam "jangkauan" terprogramnya dan mengabaikan beban operasi normal dan gangguan yang berada di luar jangkauannya.

### 3. Relai pilot

Menurut Mason, (1979) relai pilot adalah jenis relai terbaik untuk proteksi saluran transmisi, kapanpun dan dimanapun relai pilot digunakan akan memberikan proteksi dengan kecepatan tinggi untuk semua jenis gangguan hubung singkat pada saluran transmisi terganggu. Selama dua bentuk terminal, atau banyak terminal (multiterminal), dan seluruh pemutus daya dapat trip secara bersamaan, dengan begitu dapat melakukan pemutusan (*trip*) otomatis dengan kecepatan tinggi. Kombinasi pengetripan dan pemutusan otomatis tersebut semestinya membuat sistem transmisi terisi hingga hampir mencapai batas kestabilannya, dengan demikian saluran transmisi dapat menyalurkan tegangan sebaik mungkin untuk di kirimkan.

## E. Relai jarak

### 2. Karakteristik kerja relai jarak

Relai jarak dapat diklasifikasi berdasarkan karakteristik impedansi (R-X) di dalam koordinat polar, jumlah *input* atau masukan rele, dan metode yang digunakan untuk membandingkan *input* tersebut. Umumnya

Relai jarak (*distance relay*) merupakan proteksi yang paling utama pada saluran transmisi. Relai jarak menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran yang harus diamankan. Jika impedansi yang terukur di dalam batas settingnya, maka rele akan bekerja. Disebut relai jarak, karena impedansi pada saluran besarnya akan sebanding dengan panjang saluran. Oleh karena itu rele jarak tidak tergantung oleh besarnya arus gangguan yang terjadi, tetapi tergantung pada jarak gangguan yang terjadi terhadap rele proteksi. Impedansi yang diukur dapat berupa Z, R saja ataupun X saja, tergantung jenis relai yang dipakai. Prinsip kerja relai jarak berdasarkan pada impedansi saluran transmisi, yang besarnya sebanding dengan panjang dari saluran transmisi tersebut.



**Gambar 2.3** Relai Jarak (*Distance Relay*)

### 1. Prinsip kerja relai jarak

Prinsip dasar relai jarak atau *distance relay* didasarkan pada hubungan antara tegangan gangguan dan arus yang diukur pada Lokasi pemasangan relai (*apparent impedance*), untuk menentukan apakah gangguan terjadi didalam atau diluar Kawasan lindung. Relai jarak hanya beroperasi bila terjadi gangguan antara posisi relai dengan batas penyesuaian jangkauan yang telah ditentukan. Relai jarak juga dapat beroperasi untuk mendeteksi gangguan fasa (*phase fault*) dan tanah (*ground fault*).

metode yang digunakan adalah dengan membandingkan dua *input* (dapat berupa besaran atau sudut fasa) untuk menentukan apakah gangguan yang terjadi berada di dalam atau di luar daerah kerja rele.

- Karakteristik *mho*
- Karakteristik quadrilateral

- Karakteristik reaktansi
- Karakteristik impedansi

### 3. Zona proteksi

Rele jarak (*distance relay*) membagi daerah operasinya menjadi beberapa daerah (*zone*), dimana di setiap area atau zona memiliki reaksi relai jarak yang berbeda-beda. Berikut ini penjelasan area cakupan (*zone*) pada relai jarak (*distance relay*).

- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3

### F. Perangkat Lunak PSCAD/EMTDC

PSCAD (*Power Systems Computer Aided Design*) adalah salah satu alat perangkat lunak simulasi yang paling penting dan populer di bidang simulasi sistem tenaga listrik. Ada perpustakaan yang luas termasuk berbagai model untuk sistem tenaga dan studi elektronik daya. Ada juga perpustakaan relay termasuk beberapa model dan komponen relay dasar di dalamnya. Semakin banyak model dan komponen relay pelindung sedang dirancang dan dikembangkan di Pusat Penelitian HVDC. Di PSCAD/EMTDC beberapa cara juga disediakan untuk membuat beberapa model dan komponen khusus yang tidak ada di perpustakaan. EMTDC mendukung model yang ditulis dalam bahasa FORTRAN/C.

Berdasarkan perpustakaan relai di PSCAD / EMTDC, berbagai model dan logika relai pelindung dapat dibangun dan studi simulasi relai dapat diselesaikan. Lebih jauh lagi, dengan mensimulasikan berbagai jenis kesalahan dalam sistem tenaga, model relai dapat diuji dan kinerjanya dievaluasi.

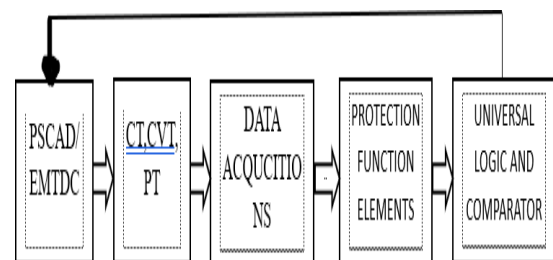
PSCAD dilengkapi dengan pustaka model yang telah diprogram dan diuji, mulai dari elemen pasif sederhana dan fungsi kontrol, hingga model yang lebih kompleks, seperti mesin listrik, perangkat FACTS, saluran transmisi dan kabel. Jika model tertentu tidak ada, PSCAD menyediakan fleksibilitas pembuatan model khusus, baik dengan merakitnya secara grafis menggunakan model yang ada, atau dengan memanfaatkan editor desain yang dirancang

secara intuitif (Gole et al., 2015).

Pada PSCAD/ EMTDC, beberapa cara juga disediakan untuk membuat beberapa model dan komponen khusus yang tidak ada di perpustakaan. EMTDC mendukung model yang ditulis dalam bahasa FORTRAN / C (Wilson, P.L.)

### G. Prinsip Pemodelan Relai Dan Simulasi

Relai pelindung digital adalah perangkat yang kompleks. Gambaran simulasi relai digital berdasarkan PSCAD / EMTDC dapat ditunjukkan pada diagram blok berikut.



**Gambar 2. 4** Skema pemodelan relai berdasarkan PSCAD/EMTDC

Simulasi untuk relai digital terutama terdiri dari tiga subsistem:

- Pemodelan subsistem akuisisi data,
- Fungsi relai pelindung dan pemodelan elemen, dan
- Simulasi logika relai pelindung.

#### 1. Akuisisi data

Subsistem konversi analog-digital dapat disimulasikan dan dua masalah desain perlu dipertimbangkan:

- Filter anti-aliasing.
- Sampel ulang input analog.

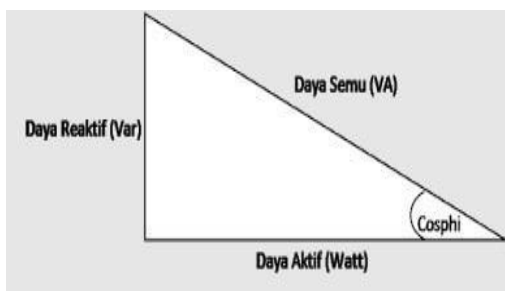
#### 2. Fungsi relai dan pemodelan elemen

Pemodelan elemen relai pelindung (dimodelkan sebagai komponen dalam perpustakaan relai di PSCAD) adalah dasar dan pusat untuk mensimulasikan

relai digital. Elemen-elemen ini dapat dibagi menjadi dua kategori:

- Elemen relai universal dasar
- Elemen relai khusus
- Elemen logika universal

## H. Mengenai Segitiga Daya 3 Fase



**Gambar 2.5** segitiga daya 3 fase

Konsep segitiga daya terdiri dari tiga jenis kategori, yaitu daya aktif, reaktif, dan semu. Adapun penggunaan istilah sebagai berikut, singkatan (P) digunakan untuk daya aktif, (Q) digunakan untuk daya reaktif, dan (S) digunakan untuk daya semu. Untuk lebih memahami konsep segitiga daya tiga fase, perhatikan gambar berikut. Selain itu, kami akan menjelaskan secara rinci masing-masing jenis segitiga daya.

### 1. Daya Aktif (P)

Daya aktif (P) mengacu pada perangkat kontrol Listrik yang digunakan untuk mengendalikan peralatan dan perangkat keras Listrik. Control unik ini memungkinkan energi Listrik diubah menjadi energi yang dibutuhkan oleh mesin dan perangkat Listrik. Contohnya adalah penggunaan mesin cetak untuk mengubah energi Listrik menjadi energi yang menghantarkan panas.

Berikut adalah rumus untuk menghitung daya nyata: Untuk sistem satu fasa:  $P = V \times I \times \cos \phi$  (line to neutral) Untuk sistem tiga fasa:  $P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$  (line to line)

### 2. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif (Q) adalah kombinasi dari daya

semu yang masuk ke dalam penghantar dan daya aktif yang sudah ada di dalam penghantar itu sendiri. Daya ini biasanya digunakan untuk menghasilkan daya panas atau daya mekanik pada beberapa peralatan. Contohnya, pada mesin cuci, mesin pompa, kipas angin, dan lainnya. Secara teori, daya reaktif ini sulit untuk didefinisikan.

Akan tetapi, dapat disebut dengan daya imajiner disebabkan adanya beban reaktif. Sifatnya, bisa kapasitif atau induktif. Berikut rumus menghitung daya reaktif didasarkan atas jenis fasanya:

Untuk sistem satu fasa:  $Q = V \times I \times \sin \phi$  (line to neutral)

Untuk sistem tiga fasa:  $Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi$  (line to line)

### 3. Daya Semu

Daya semu (S) adalah golongan daya listrik yang mengalir melalui penghantar distribusi atau transmisi. Jika total daya tersebut tersedia, maka daya tersebut dapat diambil kembali untuk rangkaian AC. Namun, terkadang total daya tersebut akan terbuang sia-sia. Untuk menghitung daya semu, dengan sangat sederhana, lebih spesifiknya dengan menduplikasi arus dan tegangan melalui konduktor. Adapun rumus untuk menghitung daya semu sesuai dengan jenis fase:

Garis ke netral/ 1 fasa:  $S = V \times I$

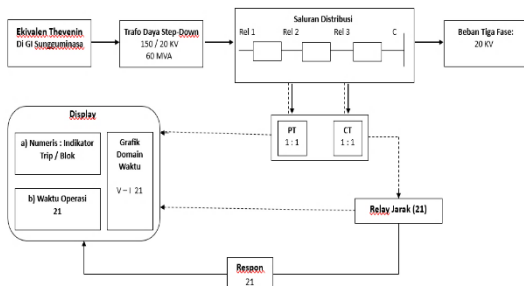
Garis ke garis/ 3 fasa:  $S = \sqrt{3} \times V \times I$

Segitiga daya adalah tatanan komponen yang membentuk energi listrik yang digunakan untuk sistem arus bolak-balik. Rangkaian AC biasanya terdiri dari kombinasi resistansi dan induktansi, resistansi dan kapasitansi, atau daya nyata dan daya reaktif. Bentuk gelombang dan hubungan antara arus variatif tergantung pada komponen yang ada di sirkuit AC, serta jenis fase pada setiap komponen. Total impedansi dapat dihitung dengan mempertimbangkan nilai resistor, kapasitor,

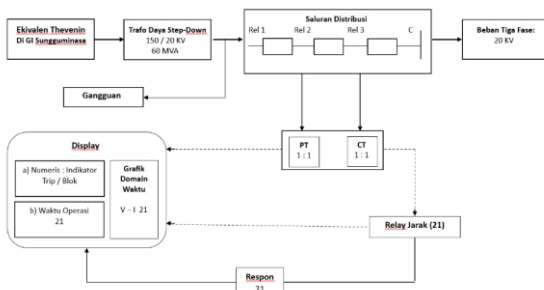
dan induktor.

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen menggunakan aplikasi PSCAD/EMTDC dengan membuat rangkain sistem tenaga Listrik, kemudian menerapkan model sistem daya, gangguan dan relai pada sistem tenaga Listrik tersebut, dan menjalankan simulasinya untuk menganalisis data dari sistem daya, gangguan dan relai pada sistem tenaga Listrik tersebut. Penelitian tersebut dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Jalan Sultan Alaudin Nomor 259 Makassar Skema terbagi dua yakni: (i) skema sistem operasi normal dengan metode besarn actual dan (ii) skema sistem operasi gangguan dengan metode besaran per unit. Setiap skema akan terimplementasi ke masing-masing dalam satu model/simulator, sehingga akan diperoleh model-01 & model-02.



**Gambar 3.1** skema/konfigurasi simulator status operasi normal SEE dengan metode simulasi software PSCAD

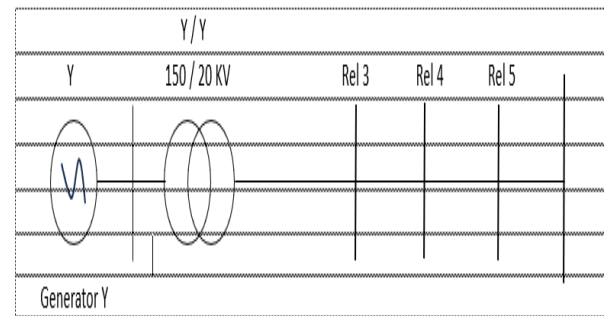


**Gambar 3.2** skema sistem operasi gangguan dengan metode besaran per unit.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pemodelan Sistem Elektrik (SEE)

SEE berfungsi sebagai sistem energi, pembangkit dan penyuplai daya. komponen ini berfungsi memodelkan SEE yang terdiri atas sumber tegangan tiga-fase, ekuivalen Thevenin Sulselrabar di GI SUNGGUMINASA 150KV. Sumber ini menyuplai trafo tiga-fase penurun tegangan (*step-down*), dari tegangan 150 kV ke 20 kV.



**Gambar 4.1** Model Sumber Thevenin GI Sungguminasa

#### Perhitungan Daya dan Impedans Thevenin

- Tegangan Open Circuit: 150 kV (Line-to-Line)
- Arus Hubung-Singkat Simetris: 17,53 kA.

Dengan demikian, Daya Hubung-Singkat, di GI Sungguminasa adalah diperoleh:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

$$= \sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 17,53 \text{ kA} = 4.554 \text{ MVA}$$

$$Z_{th} = \frac{(v_{base} v_{L-l})^2}{S_{base} 3\theta} = \frac{(150 \text{ kv})^2}{4.554}$$

$$\frac{(150 \times 10^3)^2}{4.554 \times 10^6} = \frac{22.500}{4.554} =$$

$$4,4940 \text{ ohm}$$

$$z = 2\pi fL$$

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

$$L = \frac{z}{2\pi f} = \frac{4.940}{2 \times 3,14 \times 50}$$

$$L = 0,016 \text{ H}$$

#### Perhitungan dan Model Transformator

Teg. Primer : 150 kV

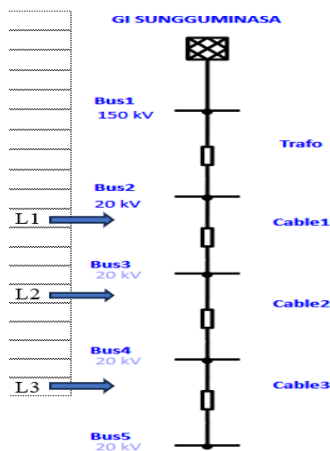


Teg. Sekunder : 20 kV  
 Daya trafo : 60 MVA  
 Impedansi trafo : 12,35%  
 Tipe trafo : YNyn-d  
 $x_{aktual} = x_{perunit} \cdot x_{dasar}$   
 $= X_{perunit} \cdot \frac{V^2}{S}$

Primer  
 $x_{aktual} = 0,1235 \times \frac{(150 \times 10^3)^2}{60 \times 10^6} = 46,312 \text{ Ohm}$   
 sekunder  
 $x_{aktual} = 0,1235 \times \frac{(20 \times 10^3)^2}{60 \times 10^6} = 0,8233 \text{ Ohm}$

### Model Saluran Distribusi Feeder Pajalu

Gambar di bawah ini adalah diagram gardu distribusi di feeder pajalau yang menjadi acuan data kami untuk memodelkan simulasi di PSCAD.



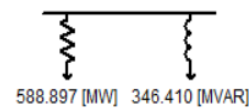
Gambar 1.2 Diagram Segaris System Energi.

Tabel 4.1 Keterangan penamaan Rel

| NO. | Nama Rel Aktual | Nama Rel Model |
|-----|-----------------|----------------|
| 1   | Bus Sumber      | Rel 1          |
| 2   | Bus Distribusi  | Rel 2          |

|   |                |       |
|---|----------------|-------|
| 3 | Bus 4          | Rel 3 |
| 4 | Bus 5          | Rel 4 |
| 5 | Ujung Jaringan | Rel 5 |

### Model Beban di Rel 05



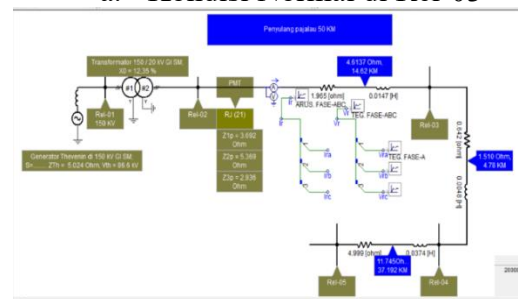
Gambar 4.3 Model Beban PSCAD

### B. Abrasi

Model PSCAD untuk menyimulasikan model relay jarak dan performa dari model tersebut serta sinyal arus, pada saat terjadi gangguan maupun kondisi normal

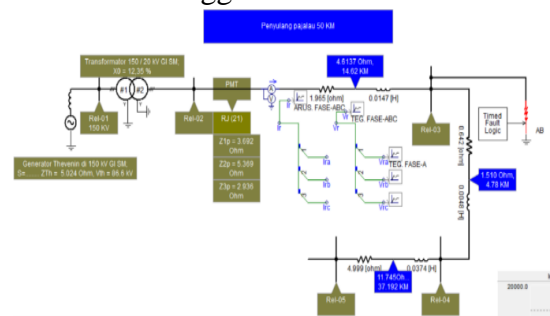
#### 1. Model Sistem Daya

##### a. Kondisi Normal di Rel-03



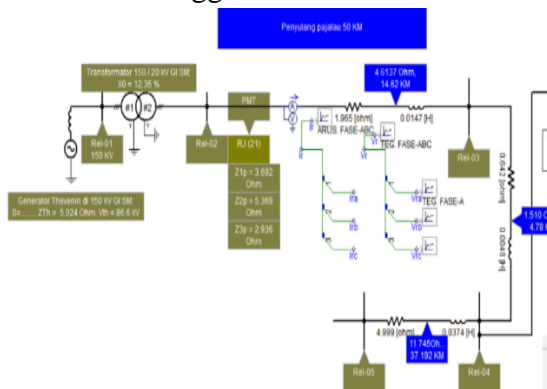
Gambar 4.4 Model Pscad pada Kondisi Normal pada Rel 3

##### b. Gangguan Rel-03



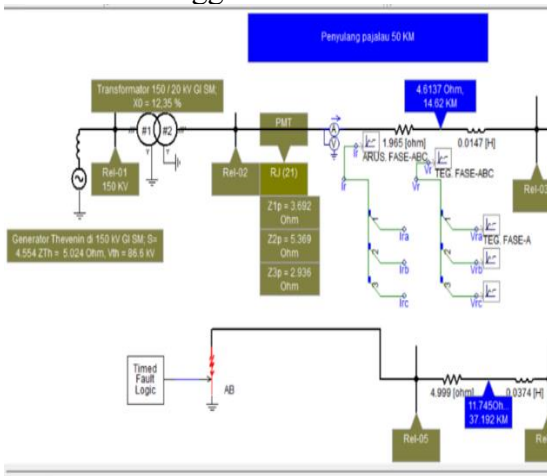
Gambar 4.5 Model Pscad pada Kondisi gangguan pada Rel

### c. Gangguan Rel-04



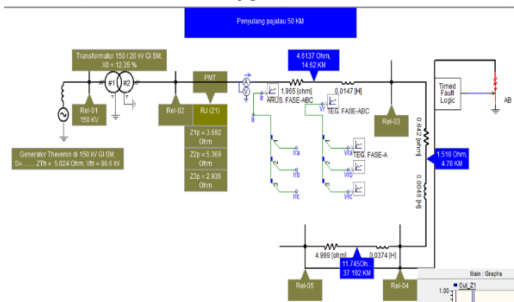
**Gambar 4.6** Model Pscad Pada Kondisi gangguan pada Rel 04

### d. Gangguan Rel-05



**Gambar 4.7** Model Pscad pada Kondisi gangguan pada Rel 05

### e. Gangguan Eksternal pada Rel-05



**Gambar 4.8** Model Pscad pada Kondisi gangguan pada Rel 05

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang dilaksanakan dalam tugas akhir ini, telah dibuat model GI Sungguminasa serta pengaplikasian maupun kinerja dari model relai jarak pada Feeder Pajalau menggunakan *software* PSCAD (*student version*) kemudian menganalisa kinerja dari relai tersebut saat dalam keadaan normal dan ketika mengalami gangguan dengan melihat hasil yang ditampilkan pada layar/monitor pada *software* PSCAD (*student version*). Relai dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi gangguan dan kemudian memberikan instruksi untuk *men-trip CB*. Begitupula untuk gangguan *external* relai akan tetap normal (memblok) karena relai tidak memberikan instruksi agar *men-trip CB*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Li, H.Y., Southern, E.P., Crossley, P.A., Potts, S., Pickering, S.D.A., Caunce, B.R.J., and Weller, G.C., 1997, "A New Type of Differential Feeder Protection Relay Using the Global Positioning System for Data Synchronization", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 12, No.3, pp. 1090-1099.
- Liu J. E, Wilson, P.L., and Jayasinghe, R.P., 2004, *A PSCAD/EMTDC Based Simulation Study of Protective Relay*, *The Institution of Electrical Engineers. Printed and published by the IEE*, Michael Faraday House, Six Hills Way, Stevenage, SGI 2AY
- Manitoba HVDC Research, 2011, [www.pscad.com](http://www.pscad.com).
- Mason, C. R., 1979, "The Art and Science of Protective Relaying", Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- Arismunandar dan Kuwahara, 1993, *Teknik Tenaga Listrik, Jilid II Saluran transmisi*, Penerbit Pradya Paramita, Jakarta.
- Stevenson. W. D. Jr. 1990. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat . Penerbit Erlangga : Jakarta.