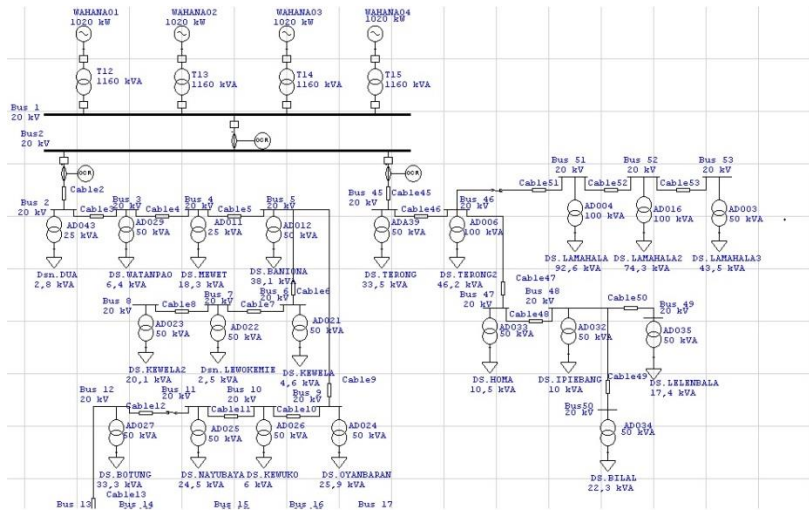


BAB IV

HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1 Permodelan *Single Line Diagram* PLTD Terong Rayon Adonara di *Software ETAP Power Station*

Membuat permodelan *single line diagram* PLTD Terong Rayon Adonara menggunakan *software ETAP Power Station* merupakan langkah awal sebelum melakukan analisa lebih lanjut di penelitian ini, dimana dalam proses ini juga dilakukan proses input data yang sudah didapat dari survey data seperti data *generator*, *transformator*, beban, CT dan data *Relay GFR*.



Gambar 4.1 Permodelan *Single Line Diagram* PLTD Terong Rayon Adonara Pada *Software ETAP Power Station*

4.2 Data – data yang di Input

1. Data Generator

The screenshot shows the 'Synchronous Generator Editor - WAHANA01' window. The interface includes a menu bar with options like PSS, Harmonic, Protection, Reliability, Fuel Cost, Remarks, and Comment. Below the menu bar, there are tabs for 'Info', 'Rating', 'Capability', 'Imp/Model', 'Grounding', 'Inertia', 'Exciter', and 'Governor'. The 'Rating' tab is active, displaying the following data:

6,3 kV 1020 kW Swing

Rating

kw	kV	% PF	kVA	% Eff.	Poles
1020	6,3	85	1200	95	4
% of Bus kVnom		FLA		RPM	
100		110		1500	

	Gen. Category	% V	Angle	kW	kvar	% PF	Qmax	Qmin
1	Design	100	0					
2	Normal	100	0					
3	Shutdown	100	0					
4	Emergency	100	0					
5	Standby	100	0					
6	Startup	100	0					

PrimeMover Rating

Continuous		Peak	
HP	kW	HP	kW
1368	1020	1368	1020

Mvar Limits

Capability Curve Peak kvar

User-Defined 632

Operating Values

% V	Vangle	kW	kvar
100	0	264	8,191

At the bottom of the window, there is a toolbar with icons for file operations and a dropdown menu showing 'WAHANA01'. The 'OK' and 'Cancel' buttons are also visible.

Gambar 4.2 Input data Generator di Software ETAP Power Station

2. Data Transformator

2-Winding Transformer Editor - T12

Reliability		Remarks			Comment		
Info	Rating	Impedance	Tap	Grounding	Sizing	Protection	Harmonic
1160 kVA IEC Liquid-Fill Other 65 C							6,3 20 kV
Voltage Rating		FLA		Bus kVnom		Z Base	
Prim.	6,3	106,3		6,3		kVA	
Sec.	20	33,49		20		1160	
		Other 65					
Power Rating				Alert - Max			
kVA				kVA			
Rated 1160				1160			
Other 65				<input type="radio"/> Derated kVA <input checked="" type="radio"/> User-Defined			
Derated 1160				Installation			
% Derating 0				Altitude			
				0 m			
				Ambient Temp.			
				30 °C			
MFR							
Type / Class							
Type		Sub Type		Class		Temp. Rise	
Liquid-Fill		Other		Other		65	

Gambar 4.3 Input data Transformator Software di ETAP Power Station

3. Data Beban


Static Load Editor - Dsn.DUA

Info Loading Cable/Vd Cable Amp Harmonic Reliability Remarks Comment

1 2,422 kW 1,501 kvar 0,38 kV Cable Info not available

Ratings




kV kW kvar % PF Amps Grounding

0,38 2,85 2,422 1,501 85 4,33 

Loading

	Loading Category	% Loading	Load		Feeder Loss	
			kW	kvar	kW	kvar
1	Design	100	2,42	1,5	0	0
2	Normal	100	2,42	1,5	0	0
3	Breake	0	0	0	0	0
4	Winter Load	0	0	0	0	0
5	Summer Load	0	0	0	0	0
6	FL Reject	0	0	0	0	0
7	Emergency	0	0	0	0	0
8	Shutdown	0	0	0	0	0
9	Accident	0	0	0	0	0
10	Backup	0	0	0	0	0

Operating Load: kW + j kvar

 Dsn.DUA  

Gambar 4.4 Input data Beban di Software ETAP Power Station

4. Data CT

Current Transformer(CT) Editor - CT1

Info Rating Checker Remarks Comment

Ratio

Primary	Sec.	Ratio
200 A	5 A	200 : 5

Class

Designation 10P5

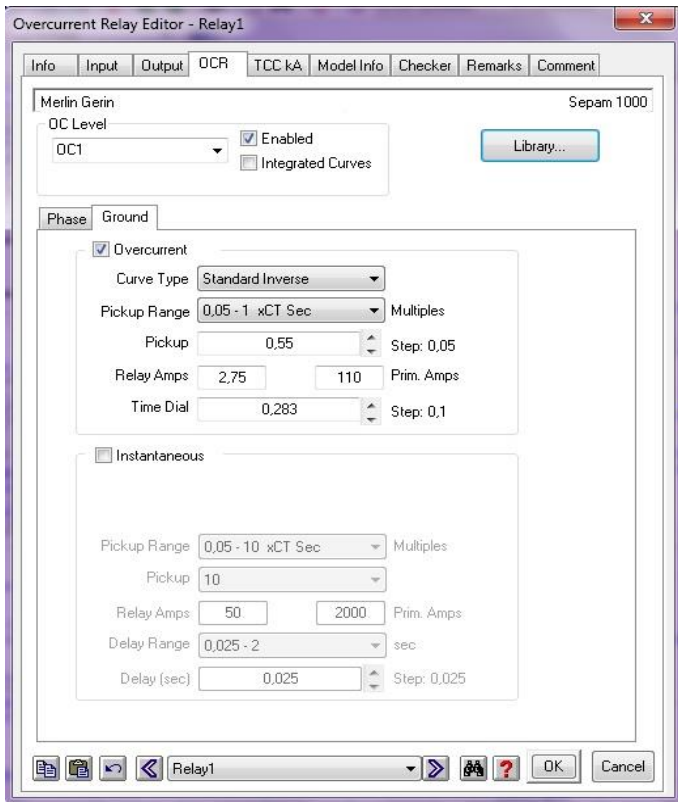
Burden 2,5 VA

CT1

OK Cancel

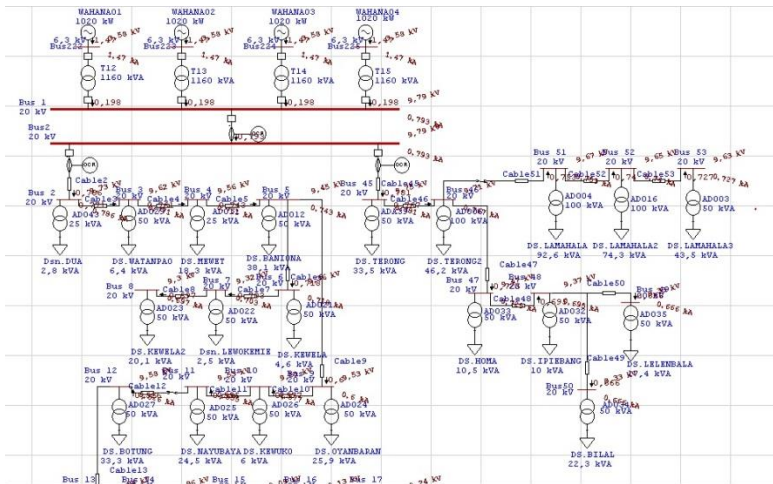
Gambar 4.5 *Input data CT di Software ETAP Power Station*

5. Data Rele GFR

Gambar 4.6 *Input data Rele GFR di Software ETAP Power Station*

4.3 Simulasi *Short Circuit* Menggunakan Pentanahan *Solid*

Analisa hubung singkat dilakukan untuk mengetahui besar arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.



Gambar 4.7 Hasil *Running Short Circuit* Menggunakan Sistem Pentanahan *Solid*

Dari hasil *running short-circuit* menggunakan sistem pentanahan solid diketahui arus hubung singkat gangguan 1 fasa ketanah yang terjadi pada sistem generator seperti yang di tunjukan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Arus Gangguan Pentanahan *Solid*

Generator	Pentanahan	$I_{f1\phi}$
WAHANA 1	Solid	1,47 kA
WAHANA 2	Solid	1,47 kA
WAHANA 3	Solid	1,47 kA
WAHANA 4	Solid	1,47 kA

4.4 Perhitungan Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Fasa Ke Tanah Pada Generator Dengan Sistem *Solid Grounding*

Arus hubung singkat gangguan pada Generator terdiri dari berbagai jenis yaitu gangguan 1 fasa ke tanah, gangguan 2 fasa ke tanah, gangguan 3 fasa ke tanah dan dalam analisa ini membahas permasalahan arus hubung singkat gangguan 1 fasa ke tanah yang terjadi pada Generator. Di bawah ini adalah perhitungan yang di lakukan untuk mendapat hasil nilai arus hubung singkat (gangguan 1 phasa ke tanah) yang terjadi pada Generator 1-4 merk (WAHANA).

$$Z_0 = 2,57 \Omega$$

$$Z_1 = 2,49 \Omega$$

$$Z_2 = 2,33 \Omega$$

$$I_{f1\phi} = \frac{J3}{J2,57 + J2,49 + J2,33} = 0,4059 pu$$

$$= 0,4059 \times \left(\frac{6,3 kV}{\sqrt{3}} \right) = 1,476 kA$$

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Besar Arus Gangguan Pada Generator dengan Pentanahan *Solid*

Generator	Pentanahan	Besar Arus Gangguan	
		Perhitungan	Simulasi Etap
WAHANA 1	Solid	1,476 kA	1,47 kA
WAHANA 2	Solid	1,476 kA	1,47 kA
WAHANA 3	Solid	1,476 kA	1,47 kA
WAHANA 4	Solid	1,476 kA	1,47 kA

Dari hasil perhitungan dan hasil simulasi running short-circuit seperti pada tabel 4.2 terlihat nilai perhitungan arus hubung singkat gangguan 1 fasa ketanah mendekati hasil yang disimulasikan

menggunakan software etap power station dengan metode pentanahan *solid*. Terlihat arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah menggunakan sistem pentanahan solid melebihi standar PLN sebesar 1,47 kA dari yang seharusnya di bawah 1 kA sebagai batas aman.

4.5 Perhitungan Nilai *Resistance* (NGR)

Untuk menghitung nilai tahanan yang digunakan agar mereduksi arus hubung singkat gangguan 1 fasa ke tanah yang terjadi pada generator pada PLTD Terong Rayon Adonara yaitu dengan cara memasukkan nilai arus nominal (I_n) generator karena nilai *resistance* (NGR) yang digunakan harus sesuai dengan kapasitas generator tersebut agar *resistance* (NGR) dapat bekerja dengan maksimal dalam mereduksi arus hubung singkat gangguan 1 fasa ke tanah dan mencari nilai *resistance* (NGR) yang sesuai dengan generator menggunakan rumus:

$$R = \frac{V_{ln}}{I_{ln}}$$

Berikut perhitungan nilai *resistance* pada generator :

Generator WAHANA (1-4), $I_n = 110$

$$R = \frac{3,637}{110} = 33,06 \Omega$$

Hasil perhitungan nilai *resistance* (NGR) yang bisa digunakan untuk mereduksi arus hubung singkat gangguan 1 phasa ke tanah pada generator WAHANA 1-4 sebesar 33,06 Ω .

4.6 Perhitungan Nilai Arus Hubung Singkat Gangguan 1 Fasa Ketanah pada Generator menggunakan (NGR)

Dalam analisa ini perhitungan dengan menggunakan rumus dilakukan agar mengetahui selisih dari perhitungan dengan hasil simulasi yang dilakukan setelah generator menggunakan pentanahan *resistance* (NGR). Menentukan besarnya arus gangguan dengan pentanahan menggunakan *resistance* (NGR), menggunakan rumus :

$$I_{f1\phi} = \frac{3E_g}{(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_n)} A$$

$$Z_0 = 2,57 \Omega$$

$$Z_1 = 2,49 \Omega$$

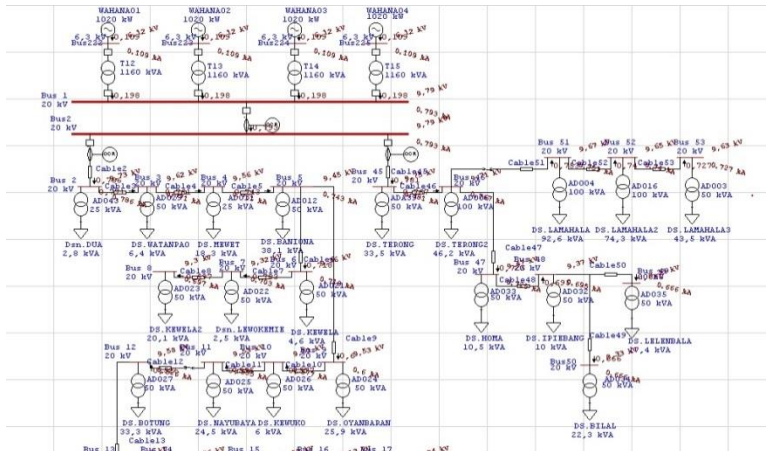
$$Z_2 = 2,33 \Omega$$

$$Z_n = 33,06 \Omega$$

$$\begin{aligned} I_{f1\phi} &= \frac{3 \times (3637 + j0)}{(j2,57 + j2,49 + j2,33) + (3 \times 33,06)} A \\ &= \frac{10911 + j0}{99,18 + j7,39} \\ &= \frac{10911 + j0}{99,18 + j7,39} \times \frac{99,18 - j7,39}{99,18 - j7,39} \\ &= \frac{1082152,98 + j80632,29}{9891,284} \\ &= 109,40 - j8,151 = 109,70 \angle - 4,26 \end{aligned}$$

4.7 Simulasi Short Circuit Menggunakan *Neutral Grounding Resistance* (NGR)

Running short-circuit yang dilakukan setelah menggunakan metode pentanahan *resistance* (NGR) seperti pada gambar 4.2, terlihat bahwa arus hubung singkat gangguan 1 fasa ke tanah dapat di reduksi dengan menggunakan *resistance* (NGR) yang sesuai dengan kapasitas generator yang ada di PLTD Terong Rayon Adonara.



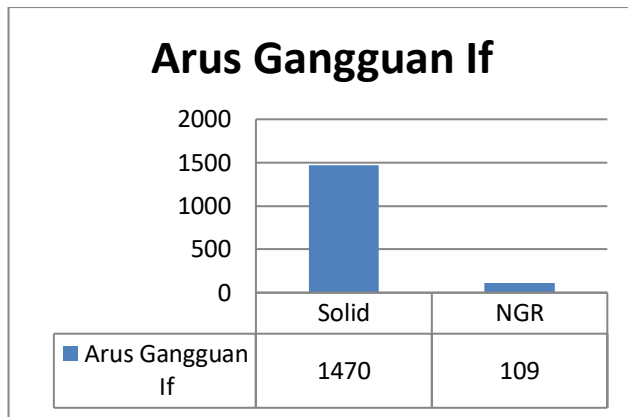
Gambar 4.8 Simulasi Short Circuit Menggunakan NGR

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Dan Simulasi Besar Arus Gangguan Pada Generator Dengan Pentanahan (NGR)

Generator	Pentanahan	Besar Arus Gangguan	
		Perhitungan	Simulasi Etap
WAHANA 1	NGR	109,70 A	109 A
WAHANA 2	NGR	109,70 A	109 A
WAHANA 3	NGR	109,70 A	109 A
WAHANA 4	NGR	109,70 A	109 A

Sesuai hasil yang ditunjukkan tabel 4.3 running simulasi *short-circuit* menggunakan sistem *Resistance (NGR)* pada *ETAP Power Station* dan perhitungan menggunakan rumus diketahui hasil nilai arus hubung singkat gangguan 1 fasa ketanah tidak berbeda jauh dengan menggunakan simulasi. Dengan simulasi diketahui arus gangguan sebesar 109 A dan dalam perhitungan menggunakan rumus sebesar 109,7A.

Setelah melakukan analisa dan simulasi sistem pentanahan *solid* yang ada di PLTD Terong Rayon Adonara diketahui arus hubung singkat gangguan 1 fasa ketanah dapat direduksi dengan penggunaan pentanahan *resistance* (NGR) yang sesuai dengan kapasitas Generator seperti ditunjukkan gambar 4.9.

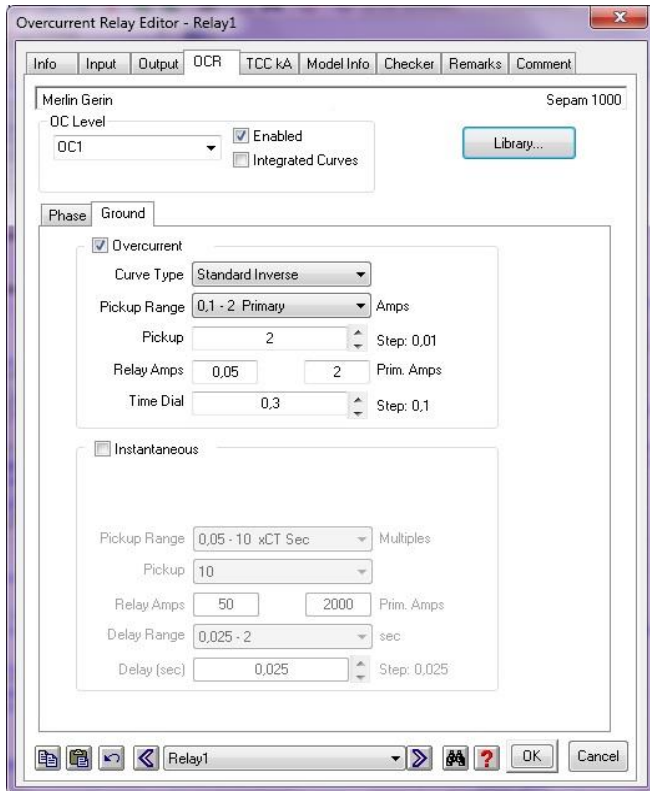


Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Arus Gangguan Menggunakan Pentanahan *Solid* dan NGR

4.8 Kurva Kerja Relay GFR Settingan PLN

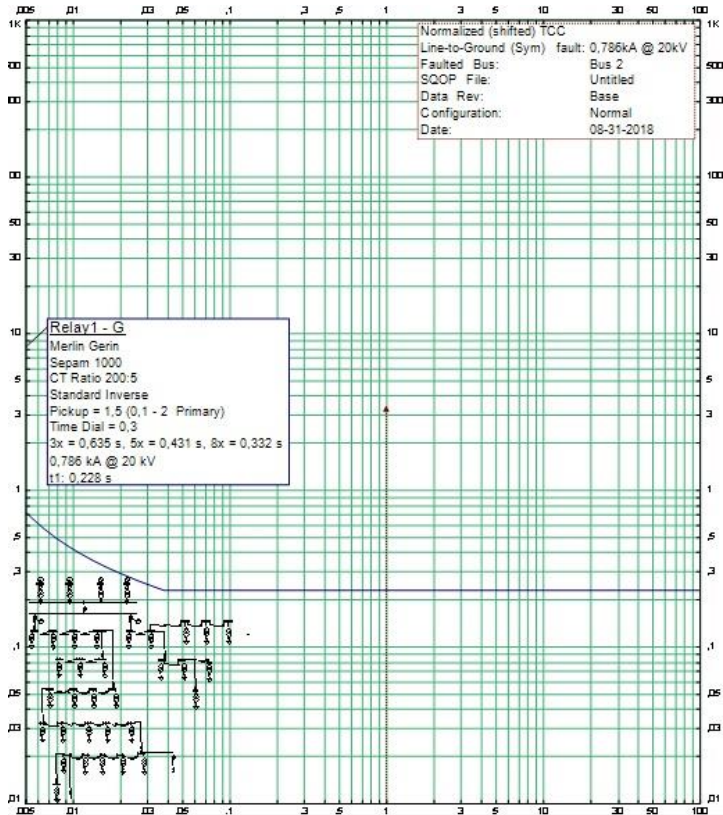
Sesuai data relay yang diperoleh PT. PLN Rayon Adonara maka didapatkan data setting yang mana dapat menampilkan kurva seperti gambar di bawah ini ketika disimulasikan :

- **Penyulang 1**



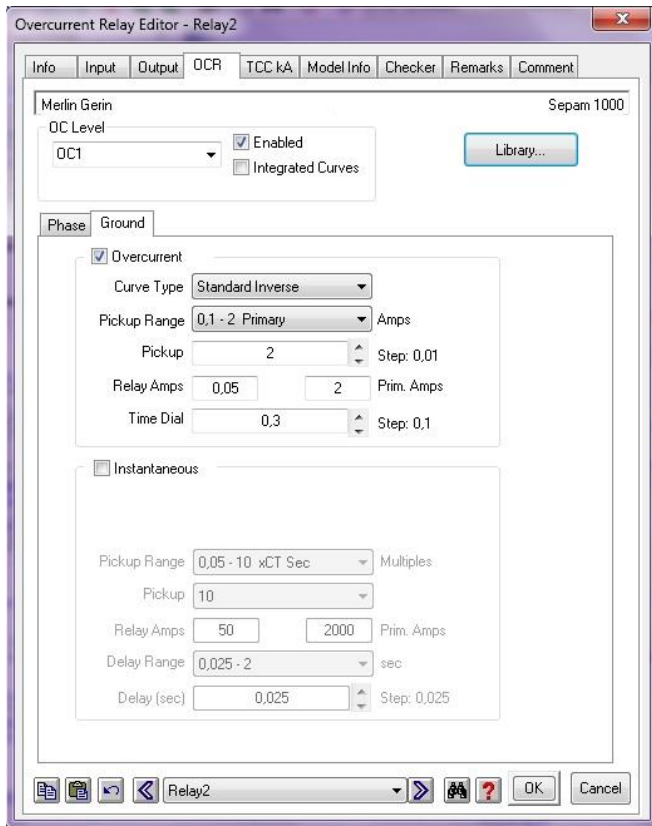
Gambar 4.9 Input Settingan Relay PLN Pada Software ETAP Power Station

Setelah setting dimasukan seperti gambar diatas, ketika ada gangguan maka kerja rele dapat dilihat pada kurva dibawah ini:



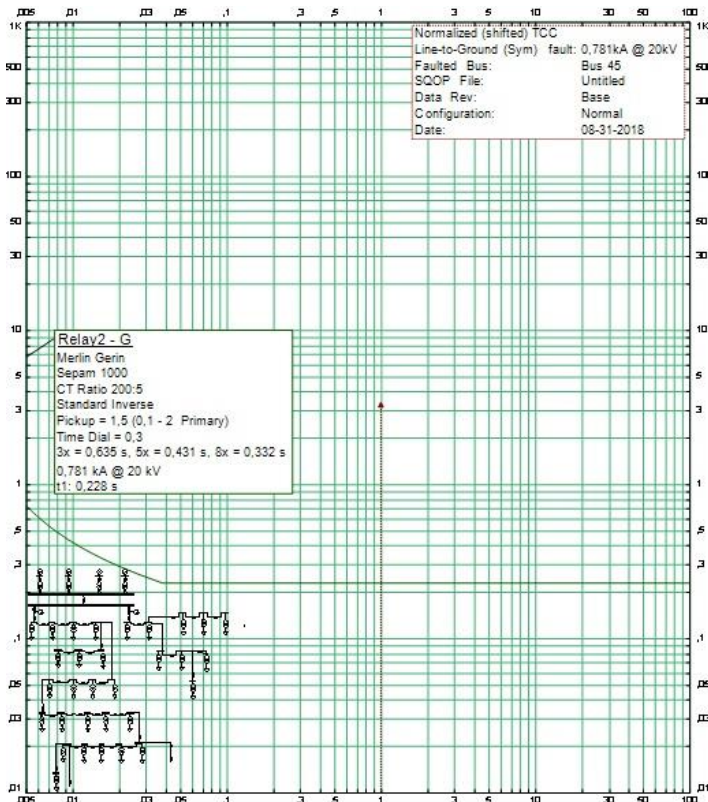
Gambar 4.10 Kurva Kerja Rele GFR Penyulang 1 Pada *Software ETAP Power Station*

- **Penyulang 2**



Gambar 4.11 *Input Settingan Relay PLN pada Software ETAP Power Station*

Setelah setting dimasukan seperti gambar diatas, ketika ada gangguan maka kerja rele dapat dilihat pada kurva dibawah ini:



Gambar 4.12 Kurva Kerja Rele GFR Penyulang 2 Pada Software ETAP Power Station

Dari data PLN yang sudah disimulasikan, rele 1 dan rele 2 memutus bersamaan pada waktu 0,228 s karena tidak terdapat perbedaan setingan sama sekali dan dapat dilihat bahwa rele penyulang 1 dan penyulang 2 tidak mempunyai rele yang berfungsi sebagai *backup* ketika terjadi gangguan.

4.9 Perhitungan dan Setting Relay GFR

Untuk menentukan setting rele GFR diambil dari arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah di ujung saluran (terkecil), dengan CT yang digunakan adalah 200 : 5. Berdasarkan persamaan pada sub bab 3.8 maka perhitungan setting rele adalah sebagai berikut:

• Penyulang 1

$$\begin{aligned} I_p &= 0,1 \times I_f \text{ fasa terkecil} \\ &= 0,1 \times 221 \text{ A} \\ &= 22,1 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_s &= I_p \times \text{rasio CT} \\ &= 22,1 \times \frac{5}{200} \\ &= 0,55 \text{ A} \end{aligned}$$

Setting waktu rele standar inverse:

$$\begin{aligned} \text{TMS} &= \frac{0,3 \times \left[\left(\frac{I_f \text{ 1 phasa}}{I_{\text{set primer}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \\ &= \frac{0,3 \times \left[\left(\frac{793}{22,1} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,15 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14}{1^{0,02} - 1} \times \text{TMS} \\ &= \frac{0,14}{\left(\frac{793}{21} \right)^{0,02} - 1} \times 0,15 \\ &= 0,283 \text{ detik} \end{aligned}$$

• Penyulang 2

$$\begin{aligned} I_p &= 0,1 \times I_f \text{ fasa terkecil} \\ &= 0,1 \times 666 \text{ A} \\ &= 66,6 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_s &= I_p \times \text{rasio CT} \\ &= 66,6 \times \frac{5}{200} \\ &= 1,66 \text{ A} \end{aligned}$$

Setting waktu rele standar inverse:

$$\begin{aligned} \text{TMS} &= \frac{0,3 \times \left[\left(\frac{I_f \text{ 1 phasa}}{I_{\text{set primer}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \\ &= \frac{0,3 \times \left[\left(\frac{793}{66,6} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = 0,108 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$t = \frac{0,14}{1^{0,02} - 1} \times \text{TMS}$$

$$= \frac{0,14}{\left(\frac{793}{66,6}\right)^{0,02-1}} \times 0,108$$

$$= 0,297 \text{ detik}$$

- **Relay Tambahan (*Incoming*)**

Setelan arus rele gangguan tanah di *incoming* 20 kV harus lebih sensitif, hal ini berfungsi sebagai cadangan bagi relai di penyulang 20 kV dibuat 8% x arus gangguan tanah terkecil [11].

$$I_p = 0,08 \times I_f \text{ fasa terkecil}$$

$$= 0,08 \times 221 \text{ A}$$

$$= 17,68 \text{ A}$$

$$I_s = I_p \times \text{rasio CT}$$

$$= 17,68 \times \frac{5}{200}$$

$$= 0,44 \text{ A}$$

Setting waktu rele standar inverse:

$$\text{TMS} = \frac{0,3+0,4 \times \left[\left(\frac{I_f \text{ 1 fasa}}{I_{\text{set primer}}}\right)^{0,02-1}\right]}{0,14}$$

$$= \frac{0,3+0,4 \times \left[\left(\frac{793}{17,68}\right)^{0,02-1}\right]}{0,14} = 0,39 \text{ detik}$$

$$t = \frac{0,14}{I^{0,02-1}} \times \text{TMS}$$

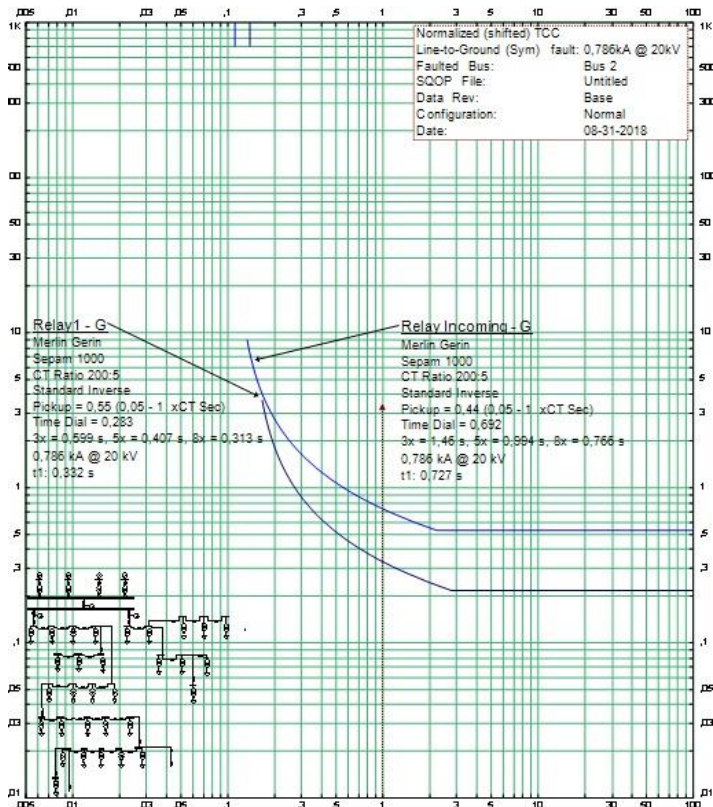
$$= \frac{0,14}{\left(\frac{793}{17,68}\right)^{0,02-1}} \times 0,39$$

$$= 0,692 \text{ detik}$$

4.10 Kurva Kerja Relay GFR Hasil Perhitungan

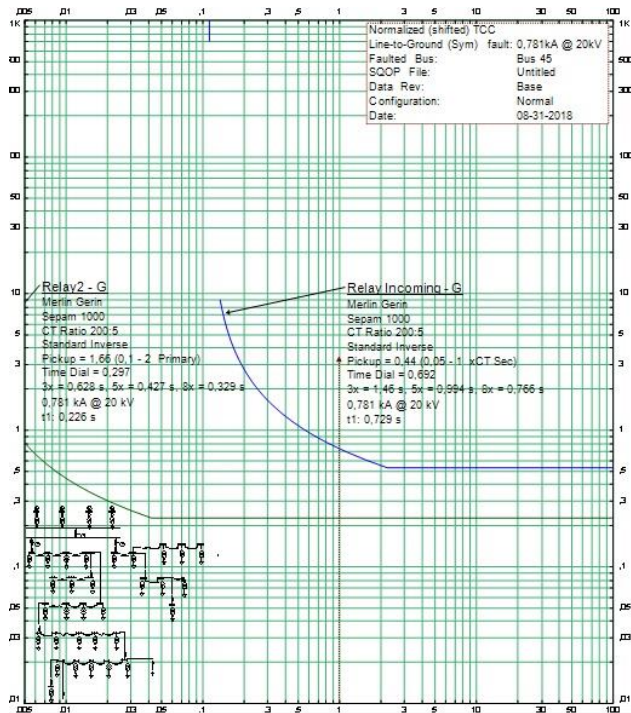
Dengan menggunakan pentanahan NGR didapat arus primer dan sekunder rele pada penyulang 1 sebesar $I_p = 22,1 \text{ A}$ dan $I_s = 0,55 \text{ A}$ dengan waktu kerja rele $t = 0,283 \text{ s}$. Untuk arus primer dan sekunder rele pada penyulang 2 sebesar $I_p = 66,6 \text{ A}$ dan $I_s = 1,66 \text{ A}$ dengan waktu kerja rele $t = 0,297 \text{ s}$. Dan untuk *incoming* didapat arus primer $I_p = 17,68 \text{ A}$ serta arus sekunder $I_s = 0,44 \text{ A}$ dengan waktu kerja rele $t = 0,692 \text{ s}$. Setelah melakukan perhitungan maka didapatkan data setting yang mana dapat menampilkan kurva seperti gambar dibawah ini ketika disimulasikan :

- Penyulang 1



Gambar 4.13 Kurva Kerja Rele GFR Penyulang 1 Pada Software ETAP
 Dari hasil perhitungan yang sudah disimulasikan, untuk rele yang memutus pertama adalah rele 1 pada waktu 0,332 s, dan rele yang memutus kedua rele *Incoming* pada waktu 0,727 s. Dapat kita lihat pada hasil perhitungan ulang rele sudah terkoordinasi dengan baik dimana rele 1 sebagai penganam utama penyulang mengamankan pertama kali saat terjadi gangguan dan rele *Incoming* sebagai *backup*.

• Penyulang 2



Gambar 4.14 Kurva Kerja Rele GFR Penyulang 2 Pada Software ETAP

Dari hasil perhitungan yang sudah disimulasikan, untuk rele yang memutus pertama adalah rele 2 pada waktu 0,226 s, dan rele yang memutus kedua rele *Incoming* pada waktu 0,729 s. Dapat kita lihat pada hasil perhitungan ulang rele sudah terkoordinasi dengan baik dimana rele 2 sebagai pengaman utama penyulang mengamankan pertama kali saat terjadi gangguan dan rele *Incoming* sebagai *backup*.

4.11 Perbandingan *Setting Rele* PLN Dengan Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 Kondisi Relay GFR Settingan PLN

Relay	Model	Arus Sekunder (A)	<i>Time Dial</i> (s)	Rasio CT
1	Sepam 1000	1,5	0,3	200 : 5
2	Sepam 1000	1,5	0,3	200 : 5

Tabel 4.5 Kondisi Relay GFR Hasil Perhitungan

Relay	Model	Arus Sekunder (A)	<i>Time Dial</i> (s)	Rasio CT
1	Sepam 1000	0,55	0,283	200 : 5
2	Sepam 1000	1,66	0,297	200 : 5
<i>Incoming</i>	Sepam 1000	0,44	0,692	200 : 5