

ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI PENYULANG 20 KV DAN PROTEKSI PELANGGAN KHUSUS TEGANGAN MENENGAH PADA GARDU INDUK BANTUL

Ahmad Djailani¹, Ramadoni Syahputra¹, M. Yusvin Mustar¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Telp: 0274-387656 Fax. 0274-387646
Email: Ahmaddjailan22@gmail.com

Substation is a part of electrical power system functions to receive electrical energy from the source (power plant) and distribute to consumers. However, in the distribution of electrical energy to the consumer are often disruptions both externally and internally. So, to distribute electrical energy to the consumer can be channeled properly need an equipment that can feel the disturbance before or even minimize due to interference after it happened. Based on these problems required a protection equipment. The equipment is Over Current Relay and Ground Fault Relay, the over current relay will shut off (trip) the network when detecting current over the limit (setting), and ground fault relay will shut off the network when phase to ground happened. In this Final Project will analysis "coordination of protection on Bantul's substation" then comparing the setting of over current relay and ground fault relay that installed on Bantul's substation with over current relay and ground fault relay counted manually.

Keywords: *Coordination, Over Current Relay, Ground Fault Relay.*

I. PENDAHULUAN

Di era globalisasi saat ini pasokan tenaga listrik meningkat seiring modernisasi suatu negara dan berkembangnya ekonomi. Perkembangan yang luar biasa cepat pada teknologi mengubah dunia industri dan masyarakat. Fleksibilitas listrik yang amat beragam menjadikan penggunaannya yang hampir tak terbatas seperti transportasi, pemanasan, penerangan, telekomunikasi dan komputasi. Tenaga listrik saat ini adalah tulang punggung masyarakat modern dan merupakan salah satu faktor pendukung penting bagi kehidupan manusia.

Penyediaan listrik yang handal dan berkualitas masih menjadi persoalan dalam penyediaan layanan listrik di Indonesia. Hal ini sesuai dengan hasil pemantauan kualitas listrik PLN oleh *Institute For Essential*

Service Reform (IESR) melalui Project Electricity Suly Monitoring Initiative (ESMI). Perusahaan-perusahaan yang bergerak diberbagai bidang akan mengalami kerugian cukup besar jika terjadi pemadaman listrik tiba-tiba atau tegangan listrik yang tidak stabil, dimana aktivitasnya akan terhenti atau produk yang dihasilkan menjadi rusak atau cacat.

Untuk menghindari terjadinya arus hubung singkat atau tegangan yang tidak stabil biasanya menggunakan peralatan proteksi. Sistem proteksi tenaga listrik pada umumnya terdiri dari beberapa komponen yang dirancang untuk mengidentifikasi kondisi sistem tenaga listrik dan bekerja berdasarkan informasi yang diperoleh dari sistem tersebut seperti arus, tegangan atau sudut fasa antar keduanya. Untuk mencegah atau mengurangi akibat dari gangguan tersebut digunakan relai

pengaman. Menurut IEEE (*The Institute of Electrical and Electronic Engineering*) relai proteksi atau relai pengaman merupakan suatu peralatan elektrik yang didesain untuk mengartikan kondisi masukan pada keadaan tertentu, setelah kondisi tersebut dispesifikasikan, yang ditujukan untuk memberi respon yang dapat menyebabkan pengoperasian kontak didalam satu kesatuan rangkaian listrik. Kondisi masukan biasanya berupa sinyal listrik, mekanik dan besaran lainnya.

II. TEORI ENDUKUNG

1. Transformator (Trafo)

ANSI (*American National Standards Institute*)/IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineering*) mendefinisikan sebuah transformator sebagai perangkat listrik statis, yang tidak melibatkan bagian yang terus bergerak, digunakan dalam sistem tenaga listrik untuk mentransfer daya antar sirkuit melalui penggunaan elektromagnetik induksi. Transformator memiliki nilai/*rating* yang berbeda-beda tergantung dengan beban yang terpasang. *Rating* yang dimiliki trafo berbeda-beda seerti 500kVA, 20MVA, 60MVA, dll.



Gambar 1. Transformator

2. Gangguan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Gangguan merupakan segala sesuatu yang berupa kejadian tak normal dalam sistem tenaga listrik yang dapat merusak peralatan sistem tenaga listrik sehingga menyebabkan proteksi pengaman bekerja (*mentripan*).

2.1 Jenis-Jenis Gangguan

a. Gangguan bersifat Kontemporer

Gangguan yang bersifat kontemporer atau gangguan yang bersifat sementara yaitu artinya gangguan ini tidak berlangsung lama atau dapat hilang dengan sendiri setelah gangguan terjadi. Namun, bila gangguan kontemporer ini sering terjadi dapat berubah menjadi gangguan permanen dan merusak peralatan tenaga listrik. Bentuk umum gangguan ini yang sering kita jumpai adalah seperti gangguan yang disebabkan layangan, pohon yang mengenai jaringan dan hewan liar.

b. Gangguan Bersifat Permanen

Gangguan yang bersifat permanen adalah gangguan yang tidak akan hilang jika sumber atau penyebab dari gangguan itu sendiri tidak dihilangkan. Contohnya sendiri adalah adanya penghantar/kabel yang putus, gangguan akibat penghantar/kabel yang putus tidak akan hilang sebelum penghantar/kabel putus itu sendiri belum diperbaiki (*disambung*).

c. Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih (*over load*) merupakan suatu gangguan yang terjadi akibat pemasangan beban pada jaringan melebihi batas (*kaasitas*) maksimal beban yang ditetapkan. Misalnya sebuah transformator memiliki kapasitas sebesar 30 MVA sedangkan beban yang terpasang melebihi dari kapasitas tersebut maka akan menyebabkan pengaman bekerja (*trip*).

d. Gangguan Tegangan Lebih

Over Voltage merupakan salah satu bentuk gangguan yang terjadi akibat adanya tegangan dalam jaringan yang melebihi batas atau ambang tegangan. Tegangan lebih (*over voltage*) ini biasanya disebabkan oleh 2 hal yaitu kesalahan pada AVR atau pengatur tap transformator pada sistem distribusi tenaga listrik dan penyebab yang kedua adalah sambaran petir atau surja petir. Petir yang menyambar biasanya pada saluran yang tinggi dimana awan yang bermuatan akan menuju ketanah

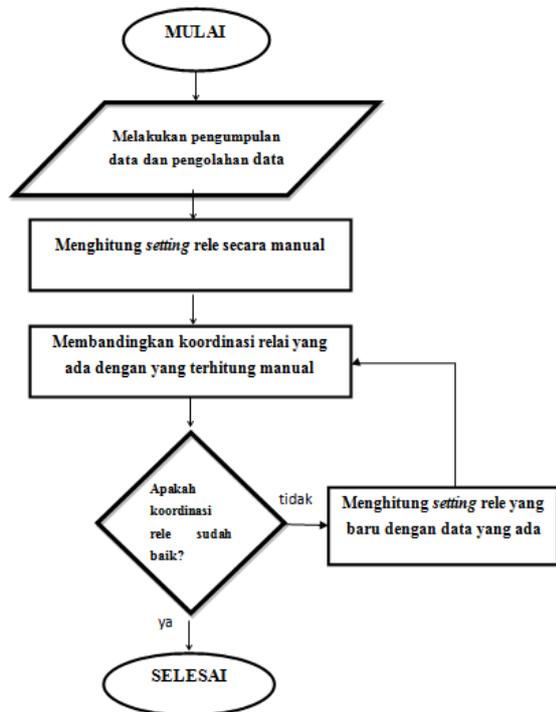
melalui tiang (menara), jika arus petir lebih besar dari tahanan pentanahan dari menara maka akan timbul tegangan tinggi pada menara.

e. Gangguan Hubung singkat

Hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya sentuhan antara bagian penghantar yang bertegangan atau tidak bertegangan sehingga terjadi kondisi yang tak normal pada arus dalam rangkaian. Sentuhan tersebut dapat terjadi karena mungkin ketahanan isolasi yang digunakan sudah usang, aus, dan umur pemakaian yang sudah lama dan harus diganti.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini adalah diagram alir analisis dan perhitungan untuk menentukan arus gangguan hubung singkat serta *setting* relenya.



IV. HASIL PEMBAHASAN

1. Data dan Spesifikasi Transformator

Daya : 60 MVA
 Tegangan : 150/20 kV
 Impedansi i : 12,35%

Vector Group : Yyn0 (d11)
 Rn : 0,3 Ω

2. Data dan Spesifikasi Rele GI Bantul

Jenis Rele	Setting	Sisi Incoming	Sisi Penyulang
OCR (SI)	TMS	0,25	0,25
	t (detik)	0,5	0,3
GFR (SI)	TMS	0,4	0,3
	t (detik)	0,5	0,3

Tabel 1. Data dan Spesifikasi Rele

3. Data Penghantar Saluran

Penghantar yang digunakan adalah AAAC 240 mm² dengan jarak sejauh 5,7 km. Berdasarkan SPLN 1985:64 penghantar tersebut memiliki imedansi:

Jenis Penghantar	Impedansi Urutan Positif/Negatif	Impedansi Urutan Nol
AAAC (A3C)	0,1344+j 0,3158	0,2824+j 1,6033

Tabel 2. Data Penghantar SPLN

A. Menghitung Impedansi Sumber

$$\begin{aligned}
 MVA_{sc} &= \sqrt{3} \times I_{sc} \times V \\
 &= \sqrt{3} \times 16 \text{ kA} \times 150 \text{ kV} \\
 &= 4156,92 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

Data hubung singkat sebesar 4156,92 MVA, maka impedansi sumber (Xs) sebesar:

$$\begin{aligned}
 X_{s(150 \text{ kV})} &= \frac{kV \text{ (sisi primer)}^2}{MVA \text{ hubung singkat}} \\
 &= \frac{150^2}{4156,92} = 5,41 \Omega
 \end{aligned}$$

Sedangkan impedansi sisi sekunder:

$$X_{s(20 \text{ kV})} = \frac{kV \text{ (sisi sekunder)}^2}{kV \text{ (sisi primer)}^2} \times X_{s(150 \text{ kV})}$$

$$X_{s(20\text{ kV})} = \frac{20^2}{150^2} \times 5,41 \Omega$$

$$= 0,097 \Omega$$

B. Menghitung Reaktansi Transformator

Besar impedansi trafo 12,35%, dengan impedansi tersebut dapat diketahui reaktansi urutan positif dan negatif, serta nol. Namun, perlu diketahui nilai ohm pada 100%, yaitu:

$$X_{t(\text{ada } 100\%)} = \frac{kV (\text{sisi sekunder})^2}{MVA \text{ Transformator}}$$

$$= \frac{20^2}{60} = 6,67 \Omega$$

Maka reaktansinya adalah

- Reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1}=X_{t2}$)
 $X_t = \text{Impedansi} \times X_{t(100\%)} = 12,35\% \times 6,67 \Omega = 0,8237 \Omega$
- Reaktansi urutan nol (X_{t0})
 YNYno (d11) diasumsikan 9 s/d 14 x X_{t1}
 $X_{t0} = 10 \times 0,8237 \Omega = 8,237 \Omega$

C. Perhitungan Setting Rele Arus Lebih dan Gangguan Tanah

Diketahui pada penyulang BNL 1 Transformator 1 (trafo 1) Gardu Induk Bantul arus yang terpasang mempunyai rasio 800 : 5 A, dengan arus beban maksimum pada penyulang sebesar 5 A dan karakteristik *standard inverse*.

1. Setting Rele Sisi Penyulang 20 kV

Besarnya nilai *setting* rele di sisi penyulang ditentukan oleh arus beban maksimum serta rasio pada penyulang. Rele dengan karakteristik *normally inverse* biasanya disetting sebesar 1,05 sampai dengan 1,1 x $I_{\text{load maks}}$. Persyaratan lain adalah *setting* waktu kerja sisi hilir (waktu minimum rele) sebesar 0,3 detik, hal ini dimaksudkan agar rele tidak akan *trip* akibat adanya arus *inrush* dari transformator-transformator distribusi yang terkoneksi di jaringan distribusi pada saat PMT penyulang tersebut dimasukkan.

a. Nilai Setting Rele Arus Lebih -Setelan Arus

$$I_{\text{beban}} = 480 \text{ Ampere}$$

$$\text{Rasio CT} = 800 : 5 \text{ Ampere}$$

$$I_{\text{set (primer)}} = 1,1 \times I_{\text{beban}}$$

$$= 1,1 \times 480 \text{ A} = 528 \text{ A}$$

$$I_{\text{set (sekunder)}} = I_{\text{set (primer)}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}}$$

$$= 528 \text{ A} \times \frac{1}{800/5} \text{ A}$$

$$= 528 \text{ A} \times \frac{5}{800} \text{ A}$$

$$= 3,3 \text{ Ampere}$$

-Setelan TMS

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa sisi penyulang yang diambil adalah pada titik lokasi gangguan 0% panjang saluran dengan waktu ketetapan t di hilir sebesar 0,3 detik. Maka, setelah diketahui nilai ketetapan $t=0,3$ detik dapat diketahui nilai

$$\text{TMS sebagai berikut: } t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{I_{\text{Gangguan hubung singkat 3 fasa}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{12541,5}{528}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$\text{TMS} = 0,1401$$

b. Nilai Setting Rele Gangguan Tanah

-Setelan Arus

$$I_{\text{set (primer)}} = 10\% \times \text{Arus Gangguan 1 Fasa Tanah (titik 100\%)}$$

$$= 10\% \times 1289,7 \text{ A}$$

$$= 128,97 \text{ A}$$

$$I_{\text{set (sekunder)}} = I_{\text{set (primer)}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}}$$

$$= 128,97 \text{ A} \times \frac{1}{800/5} \text{ A}$$

$$= 128,97 \text{ A} \times \frac{5}{800} \text{ A}$$

$$= 0,806 \text{ A}$$

-Setelan TMS

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{I_{Gangguan\ hubung\ singkat\ 1\ fasa\ tanah}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{3155,4}{128,97}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$TMS = 0,1415$$

2. Setting Rele Sisi Incoming 20 kV

Data yang diperoleh:

Kapasitas transformator	: 60 MVA
Tegangan transformator	: 150/20 kV
Impedansi	: 12,35%
CT/Rasio	: 2000/5 A

a. Setting Rele Arus Lebih

-Setelan Arus

Arus nominal trafo pada sisi 20 kV

$$I_{nominal} (\text{sisi 20 kV}) = \frac{kVA}{kV\sqrt{3}} = \frac{60000}{20\sqrt{3}} = 1732,05 \text{ A}$$

$$I_{set} (\text{primer}) = 1,1 \times I_{nominal}$$

$$= 1,1 \times 1732,05 \text{ A} = 1905,2 \text{ A}$$

Nilai I sekunder adalah:

$$I_{set} (\text{sekunder}) = I_{set} (\text{primer}) \times \frac{1}{Rasio\ CT}$$

$$= 1905,2 \times \frac{1}{2000/5}$$

$$= 1905,2 \times \frac{5}{2000}$$

$$= 4,763 \text{ A}$$

-Setelan TMS

Perbedaan yang signifikan antara penentuan *setting* rele sisi penyulang dengan *incoming* adalah pada setelan TMSnya dimana untuk sisi *incoming* waktu kerja rele yang digunakan waktu kerja sisi

penyulang (awal)+0,4 detik, sehingga besarnya nilai waktu kerja rele *incoming* adalah: $t_{incoming} = 0,3 + 0,4 = 0,7$

$$TMS = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{I_{Gangguan\ hubung\ singkat\ 3\ fasa}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= \frac{0,7 \times \left(\left(\frac{12541,5}{1905,3}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} = 0,192$$

b. Setting Rele Gangguan Tanah

-Setelan Arus

$I_{set} (\text{primer}) = 8\% \times \text{gangguan } 100\% \text{ panjang penyulang}$

$$= 8\% \times 1289,7 \text{ A}$$

$$= 103,176 \text{ A}$$

$$I_{set} (\text{sekunder}) = I_{set} (\text{primer}) \times \frac{1}{Rasio\ CT}$$

$$= 103,176 \text{ A} \times \frac{1}{800/5}$$

$$= 103,176 \text{ A} \times \frac{5}{800}$$

$$= 0,648 \text{ A}$$

-Setelan TMS

Nilai waktu kerja rele yang digunakan sisi *incoming* sebesar waktu kerja rele penyulang (awal atau hilir)+0,4 detik, sehingga: $t_{incoming} = 0,3 + 0,4 = 0,7$ detik

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= \frac{0,7 \times \left(\left(\frac{I_{Gangguan\ hubung\ singkat\ 1\ fasa\ tanah}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= \frac{0,7 \times \left(\left(\frac{3155,4}{103,176}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} = 0,354$$

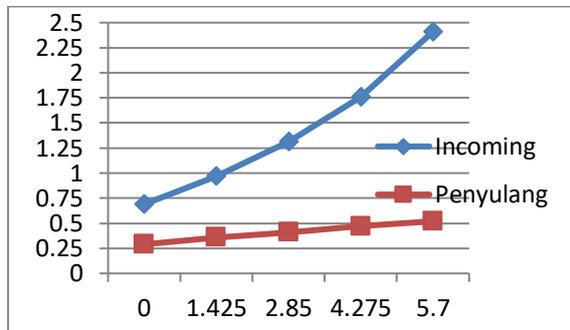
D. Pemeriksaan Waktu Kerja Rele

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

1. Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan 3 Fasa		
Lokasi Gangguan (%)	Rele <i>Incoming</i> (detik)	Rele Penyulang (detik)
0	0,69	0,29
25	0,97	0,36
50	1,31	0,41
75	1,76	0,47
100	2,41	0,52

Tabel 3. Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan 3 Fasa



Gambar 1. Grafik Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Ganggaun 3 Fasa

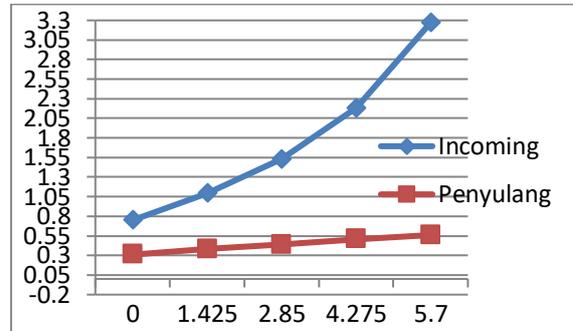
Dari kurva hubungan diatas dapat dilihat bahwa rele *incoming* diberi tanda berwarna biru dan rele penyulang ditandai warna merah, berdasarkan kurva itu pula dapat diketahui bahwa waktu kerja rele penyulang lebih cepat dari pada rele *incoming*. Selain itu, waktu kerja untuk rele sisi *incoming* maupun penyulang semakin jauh titik lokasi gangguan (0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%) maka semakin besar atau lama pula waktu kerja relenya sehingga grafik yang terbentuk adalah dari kiri bawah menuju kanan atas.

2. Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa

Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan 2 Fasa		
Lokasi Gangguan (%)	Rele <i>Incoming</i> (detik)	Rele Penyulang (detik)
0	0,68	0,29
25	0,75	0,33
50	0,81	0,36
75	0,87	0,39

0	0,75	0,31
25	1,09	0,38
50	1,53	0,44
75	2,18	0,507
100	3,27	0,56

Tabel 4. Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan 2 Fasa



Gambar 2. Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan 2 Fasa

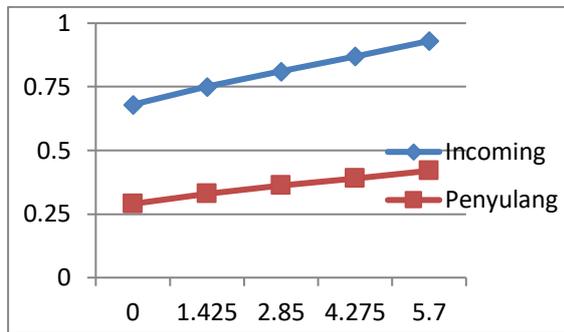
Dari kurva hubungan lokasi gangguan dengan waktu kerja rele arus gangguan 2 fasa diatas dapat dilihat bahwa lokasi gangguan berbanding lurus dengan waktu kerja kedua rele, artinya semakin jauh titik lokasi gangguan yang terjadi maka semakin lama atau tinggi pula waktu kerjanya. Sehingga bentuk kurva yang ada dari kiri bawah ke kanan atas karena semakin tinggi waktunya. Untuk waktu kerja rele penyulang, dari kurva sedikit mendatar hal ini karena waktu kerja rele penyulang meningkat sedikit tidak terlalu besar saat semakin jauh titik lokasi gangguan.

3. Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan 1 Fasa ke Tanah		
Lokasi Gangguan (%)	Waktu Kerja Rele <i>Incoming</i> (detik)	Waktu Kerja Rele Penyulang (detik)
0	0,68	0,29
25	0,75	0,33
50	0,81	0,36
75	0,87	0,39

100	0,93	0,42
-----	------	------

Tabel 5. Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan 1 Fasa ke Tanah



Gambar 3. Grafik Pemeriksaan Waktu Kerja Rele Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Dari kurva diatas dapat diketahui bahwa waktu kerja rele terhadap titik lokasi gangguan berbanding lurus dimana semakin panjang titik lokasi gangguan yang terjadi maka semakin lama pula waktu kerja rele aktif. Dapat dilihat dari kurvanya yang berbentuk garis miring dari kiri bawah ke kanan atas karena waktu kerja rele yang semakin lama. Berbeda dengan kurva-lurva sebelumnya, dimana selisih waktu kerja rele di arus gangguan 1 fasa ke tanah (kurva ini) memiliki selisih waktu kerja yang paling sedikit diantara 2 kurva lainnya. Hal ini dikarenakan hubung singkat 1 fase ke tanah harus cepat diatasi, oleh karena itu waktu kerja rele di kedua sisi tidak memiliki selisih yang signifikan.

E. Analisis Setting Rele

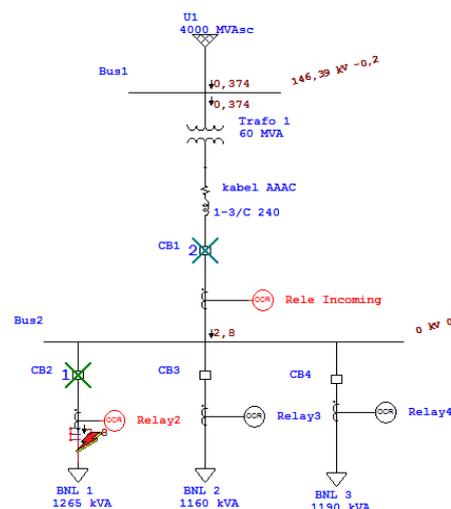
Nama Rele		Rele Terpasang		Rele Terhitung	
		Sisi Incoming	Sisi Penyulang	Sisi Incom ing	Sisi Penyulang
O C R	TMS	0,25	0,25	0,192	0,1401
	T	0,5	0,3	0,69	0,29
G F R	TMS	0,4	0,3	0,345	0,1415
	T	0,5	0,3	0,5	0,29

Tabel 6. Perbandingan Setting Rele Terpasang dengan Terhitung

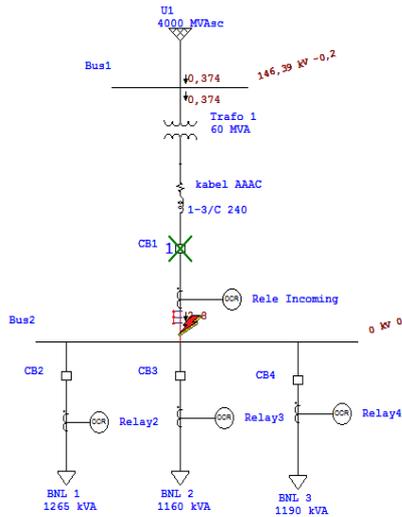
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai-nilai yang terpasang dengan yang terhitung memiliki sedikit perbedaan, dimana nilai TMS dan t (time) pada OCR sisi incoming terpasang sebesar 0,25 dan 0,5 detik sedangkan yang terhitung sebesar 0,192 dan 0,69 detik sehingga TMS dan t (time) memiliki selisih sekitar 0,058 dan 0,19. Begitu pula OCR pada sisi penyulang, TMS dan t (time) terpasang sebesar 0,25 dan 0,3 detik, sedangkan terhitung sebesar 0,1401 dan 0,29 detik memiliki selisih 0,1099 dan 0,01 detik. Selanjutnya GFR pada sisi incoming, TMS dan t (time) terpasang sebesar 0,4 dan 0,5 detik, sedangkan terhitung sebesar 0,345 dan 0,5 detik memiliki selisih 0,055 dan 0 detik. GFR pada sisi penyulang, TMS dan t (time) terpasang sebesar 0,3 dan 0,3 detik, sedangkan terhitung sebesar 0,1415 dan 0,29 detik memiliki selisih 0,1585 dan 0,01 detik. Jika diperhatikan selisih yang ada pada nilai TMS tidak terlalu besar dan begitu pula dengan nilai t (time) nya tidak memiliki selisih yang begitu jauh, karena nilai t (time) ini digunakan rele untuk *pick up* atau aktif ketika gangguan dirasakan. Sehingga berdasarkan tabel tersebut dapat dikatakan bahwa koordinasi proteksi rele yang ada masih cukup bagus dan setting rele yang terpasang di gardu induk sudah baik.

F. Simulasi Etap 12.60

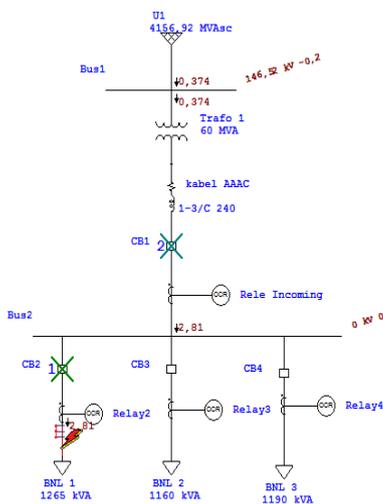
1. Simulasi Sisi Penyulang (Terpasang GI)



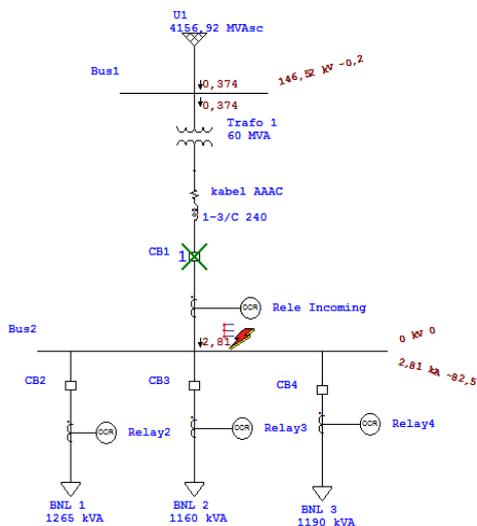
2. Simulasi Sisi *Incoming* (Terpasang GI)



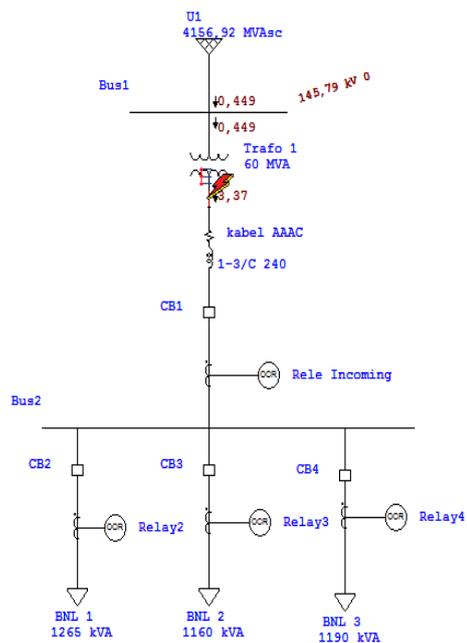
3. Simulasi Sisi Penyulang (Terhitung)



4. Simulasi Sisi *Incoming* (Terhitung)



5. Simulasi Gangguan Peralatan



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari data-data yang telah diambil dari Gardu Induk 150 kV Bantul dan telah diolah secara terperinci, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Arus hubung singkat terbesar yaitu adalah arus hubung singkat 3 fasa pada titik lokasi gangguan 0% sebesar 12541,5 Ampere, diikuti arus hubung singkat 2 fasa di titik lokasi gangguan 0% sebesar 10861,3 Ampere, dan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik lokasi gangguan 0% sebesar 3155,4 Ampere.
2. Jika terjadi arus hubung singkat antar fasa maka yang akan merasakan adalah rele OCR (*Over Current Relay*), dimana rele ini akan aktif jika merasakan adanya gangguan arus lebih yang melebihi dari *setting* atau batas yang ditentukan. Sedangkan jika terjadi gangguan hubung singkat fase ke tanah maka akan mengaktifkan relay GFR (*Ground Fault Relay*) dan men-*tripkan* sistem jaringan. Waktu kerja rele antara rele sisi

penyulang dan sisi *incoming* berbeda dimana waktu kerja rele sisi penyulang akan lebih cepat dibandingkan rele sisi *incoming* selisih antara keduanya rata-rata 0,4 detik. Perbedaan waktu ini dipengaruhi oleh panjang pendeknya titik lokasi gangguan dimana semakin panjang atau jauh titik lokasi gangguan maka selisih waktu kerja rele akan semakin besar pula.

3. Dari data yang terpasang di Gardu Induk 150 kV Bantul dengan data yang dihitung manual tidak memiliki selisih atau perbedaan yang signifikan dan masih sesuai, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa koordinasi rele proteksi baik itu OCR dan GFR di Gardu Induk 150 kV Bantul masih dalam kondisi baik atau layak.

5.2 Saran

1. Dalam menentukan *setting* rele arus lebih dan gangguan tanah dengan menggunakan cara perhitungan manual harus dilakukan dengan teliti agar tidak terjadi kesalahan dalam perhitungan sehingga tidak mempengaruhi hasil akhir dari perhitungan. Apabila perhitungan manual yang dilakukan telah salah ditahap awal maka sampai tahap akhir perhitungan akan salah dan tidak mendapatkan koordinasi rele yang sesuai (baik).
2. Dalam waktu yang akan datang, diperlukan pengecekan rele dan peralatan pendukung lainnya untuk mengetahui apakah rele dan peralatan tersebut masih layak beroperasi. Sehingga jika rele dirasa kurang layak, perlu dilakukan *resetting* agar rele tersebut layak digunakan.
3. Tugas Akhir ini merupakan suatu referensi bacaan tentang analisis koordinasi rele proteksi pada salah satu Gardu Induk, untuk itu penulis menyarankan kepada pembaca agar

dapat menambah wawasan akan koordinasi rele proteksi dari referensi-referensi lain. Selain itu, Tugas Akhir ini masih dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan koordinasi-koordinasi peralatan proteksi lainnya.

REFERENSI

- [1] Anonim, 1985. Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah SPLN 64: 1985. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi PLN.
- [2] Anonim. Overcurrent Protection for Phase and Earth Faults, page: 123-151.
- [3] Budhi Udiana, Agung, dkk. Agustus 2017. Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel. Teknik Elektro Vol. 16, No. 2 Universitas Udayana. Bali.
- [4] Harlow, James H. 2007. Electric Power Transformer Engineering Second Edition. New York: CRC Press.
- [5] Hendriyadi. 2017. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi di Kota Pontianak. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura.
- [6] Margunadi, A.R. 1991. Dasar-dasar Teori Rangkaian. Jakarta: Erlangga.
- [7] Marsudi, Djiteng. 2006. Operasi Sistem Tenaga Listrik Jilid 3. Jakarta: Graha Ilmu.
- [8] Pabla A.S. 1994. Sistem Distribusi Daya Listrik Ahli Bahasa Ir. Abdul Hadi. Jakarta: Erlangga.

- [9] Priyono, Sugeng. 2013. Koordinasi Proteksi Trafo 30 MVA di Gardu Induk Krapyak. Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Semarang.
- [10] Stevenson, Jr. William, D. 1983. Analisis Sistem Tenaga Listrik Terjemahan Ir. Kamal Idris. Jakarta: Erlangga.
- [11] Taiyyudin Alawly, Muhammad. 2005. Diktat Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Fakultas Teknik Lektetri Universitas Islam Malang. Malang.
- [12] Tubing, Bonggas L. 2012. Peralatan Tegangan Tinggi Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.