

ANALISA SETTING OVER CURRENT RELAY DAN GROUND FAULT RELAY PADA PENYULANG BABAKAN GARDU INDUK BABAKAN KABUPATEN CIREBON

Taryo

Program Studi Teknik Elektro, FT Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon
Jl. Pemuda Raya no 32 Kota Cirebon

taryo@ugj.ac.id

ABSTRAK

Proses penyaluran energi listrik mulai dari pembangkit sampai ke konsumen selalu ada gangguan - gangguan yang tidak dapat dihindari, tetapi hal ini dapat ditekan seminimal mungkin dengan sistem proteksi yang handal. Sistem proteksi bertujuan untuk mendeteksi terjadinya suatu gangguan dan secepat mungkin mengisolir bagian sistem yang terganggu tersebut agar tidak mempengaruhi keseluruhan sistem. Kinerja jaringan listrik yang baik diperlukan juga sistem proteksi yang baik pula salah satunya adalah *Over Current relay* (OCR) dan *Ground fault Relay* (GFR) yang digunakan sebagai proteksi sistem jaringan, relay ini bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya. Pada penelitian ini membahas mengenai arus hubung singkat, setting OCR dan GFR pada Gardu Induk Babakan Cirebon. *Time grading* OCR pada kondisi terpasang tidak sesuai dengan standar IEC 60255 sehingga dilakukan penyetelan ulang dan didapatkan hasil waktu kerja OCR di sisi *incoming* = 0,12. *Time grading* antar OCR sesuai dengan standar IEC 60255 yaitu 0,402 detik. Sedangkan *time grading* GFR pada kondisi terpasang juga tidak sesuai dengan standar IEC 60255, sehingga dilakukan penyetelan ulang dan didapatkan hasil waktu kerja GFR di sisi *incoming* 0,15 *Time grading* antar GFR sesuai dengan standar IEC 60255 yaitu 0,492 detik

Kata kunci : Proteksi, Gangguan hubung singkat, Relai arus lebih, setting relay.

ABSTRACT

In the process of distributing electrical energy from generators to consumers there are always unavoidable disturbances, but this can be kept to a minimum with a reliable protection system. The protection system aims to detect the occurrence of a disturbance and as soon as possible isolate the disturbed part of the system so that it does not affect the entire system. Good electrical network performance also requires a good protection system, one of which is the Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR) which are used as network system protection, this relay works against overcurrent, it will work if the flowing current exceeds setting value. In this study discusses the short circuit current, OCR and GFR settings at the Cirebon Babakan Substation. The OCR time grading in the installed condition does not comply with the IEC 60255 standard so a reset is performed and the OCR working time results on the incoming side = 0.12. Time grading between OCR according to the IEC 60255 standard is 0.402 seconds. While the GFR time grading in the installed condition also does not comply with the IEC 60255 standard, so a reset is carried out and the results of the GFR working time on the incoming side are 0.15.

Keywords: Protection, short circuit fault, overcurrent relay, relay settings.

PENDAHULUAN

Transformator daya merupakan suatu peralatan yang sangat vital dan berfungsi menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya dan tidak pernah lepas dari gangguan. Adanya gangguan yang terjadi pada transformator dapat menghambat proses penyaluran energi listrik ke konsumen. Oleh karena itu, sistem proteksi yang handal sangat

dibutuhkan untuk melindungi transformator dari gangguan.

Seiring dengan semakin meningkat permintaan energi listrik maka keperluan transformator dengan sendiri meningkat mengikuti bertambah besarnya daya listrik yang dibangkitkan. Oleh karena itu transformator merupakan unsur utama dari sistem penyaluran dan distribusi energi listrik dan merupakan peralatan yang paling mahal harganya, maka sistem proteksi atau

pengamanan terhadap sebuah transformator baik terhadap gangguan-gangguan yang terjadi dari dalam transformator itu sendiri maupun dari luar transformator tersebut sangat perlu diperhatikan.

Pemadaman diakibatkan karena adanya gangguan eksternal pada sistem tak bisa dihindari, tetapi hal ini dapat diantisipasi seminimal mungkin dengan sistem proteksi yang handal. Sistem proteksi bertujuan untuk mendeteksi terjadinya suatu gangguan dan secepat mungkin mengisolir bagian sistem yang terganggu tersebut agar tidak mempengaruhi keseluruhan sistem. Kinerja jaringan listrik yang baik diperlukan juga sistem proteksi yang baik pula salah satunya adalah Over Current relay (OCR) dan Ground fault Relay (GFR) yang digunakan sebagai proteksi sistem jaringan, relay ini bekerja terhadap arus lebih, alat ini bekerja apabila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya.

Oleh karena itu dengan latar belakang tersebut, peneliti ingin menganalisis untuk tugas akhir dengan judul “Analisa setting over current relay dan ground fault relay pada penyulang Babakan dan Losari di gardu induk Babakan kabupaten Cirebon”

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator Daya

Transformator adalah suatu alat listrik statis yang dipergunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dan digunakan untuk memindahkan energi dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya tanpa merubah frekuensi.



Gambar 1, Transformator Daya

2.2 Peralatan Proteksi

Bagian-bagian yang terdapat pada transformator harus dilindungi oleh peralatan proteksi sesuai dengan

fungsinya masing-masing, baik pada bagian dalam maupun bagian luar transformator.

2.3 Gangguan pada Transformator

Dalam sistem tenaga listrik, gangguan didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan dalam penyaluran daya listrik yang menyebabkan aliran arus listrik lebih besar dari aliran arus yang seharusnya. Secara umum, gangguan pada transformator dibagi menjadi dua jenis yaitu gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal adalah gangguan yang berasal dari transformator itu sendiri sedangkan gangguan eksternal adalah gangguan yang berasal dari luar transformator dan dapat terjadi kapan saja dengan waktu yang tidak dapat ditentukan.

2.4 Sistem Proteksi Transformator

Sistem proteksi bertujuan untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian yang terganggu dari bagian lain yang masih normal sekaligus mengamankan bagian yang masih normal tersebut dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar. Lima syarat yang harus dimiliki oleh sistem kelistrikan, yaitu :

1. Selektifitas

Sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila relai proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang normal adalah bagian yang terganggu saja.

2. Keandalan (*reliable*)

Suatu sistem proteksi dikatakan handal jika dapat bekerja dengan baik dan benar pada berbagai kondisi sistem. Keandalan sistem proteksi dibagi atas dua unsur yaitu kemampuan relai yang selalu bekerja dengan baik pada kondisi abnormal dan kemampuan relai untuk tidak bekerja pada kondisi normal.

3. Kecepatan Kerja

Tujuan terpenting dari sistem proteksi adalah memisahkan bagian yang terkena gangguan dari sistem yang normal dengan cepat agar tidak menimbulkan kerugian yang lebih besar. Sistem proteksi harus memiliki tingkat kecepatan yang tinggi agar meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi.

4. Sensitifitas

Sensitifitas adalah kepekaan relai proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlindungannya.

5. Ekonomis dan sederhana.

Sistem proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya.

2.5 Over Current Relay

Relai arus lebih merupakan Relai Pengaman yang bekerja karena adanya besaran arus dan terpasang pada Jaringan Tegangan tinggi, Tegangan menengah juga pada pengaman Transformator tenaga. Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik akibat adanya gangguan phasa-phasa.



Gambar 2, Over Current Relay

Untuk penyetelan nilai arus OCR persamaannya adalah :

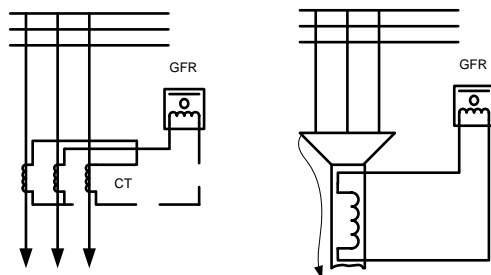
$$I_{\text{set OCR (Penyulang)}} = 1,1 \times I_{\text{beban}} \dots\dots\dots(1)$$

Sedangkan penyetelan di sisi *incoming*, persamaannya adalah [3]:

$$I_{\text{set OCR (Incoming)}} = 1,2 \times I_{\text{nominal trafo}} \dots\dots\dots(2)$$

2.6 Ground Fault Relay

(GFR) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja yang sama dengan OCR namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila OCR mendeteksi adanya arus hubung singkat antar fasa, maka GFR mendeteksi adanya arus hubung singkat satu fasa ke tanah.



Gambar 3, Prinsip Kerja GFR

Penyetelan arus GFR di sisi penyulang persamaannya adalah [3]:

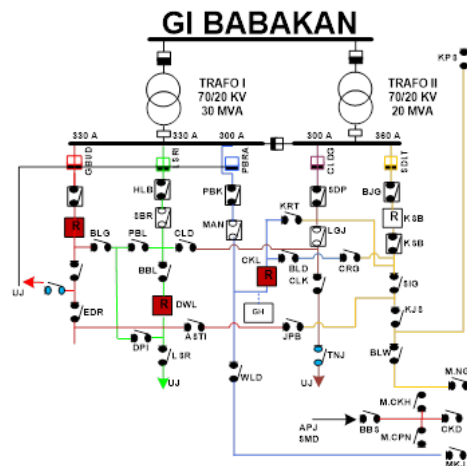
$$I_{\text{set GFR (Penyulang)}} = 0,1 \times I_{\text{beban}} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan penyetelan di sisi *incoming*, persamaannya adalah [3]:

$$I_{\text{set OCR (Incoming)}} = 0,1 \times I_{\text{nominal trafo}} \dots\dots\dots(4)$$

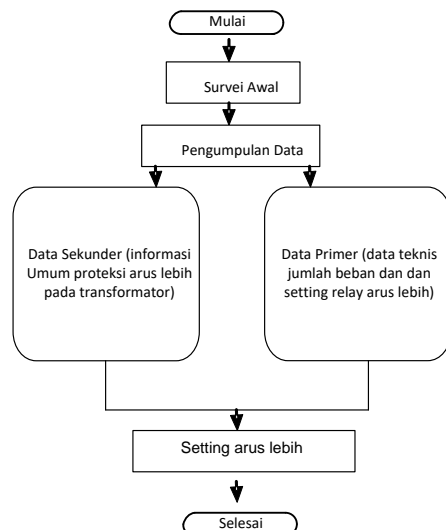
METODOLOGI PENELITIAN

Dalam merancang penelitian metode yang digunakan penulis gunakan adalah metode survey ke lapangan baik dengan pencatatan, pengamatan dan wawancara dengan pejabat pengelola gardu Induk Babakan kabupaten Cirebon dengan tujuan agar data yang didapat lebih akurat dan nyata pada saat itu.



Gambar 4, Single Line Gardu Induk Babakan

Tahapan langkah awal yang dilakukan adalah menentukan lokasi atau tempat yang akan penulis survey seperti alamat lengkap tujuan survey, kondisi lapangan lokasi survey, catatan untuk kelengkapan data survey, izin legalitas untuk survey, serta waktu yang dibutuhkan. Adapun waktu pengambilan data survey tidak cukup dengan sekali datang ke lokasi, tetapi memerlukan beberapa kali kunjungan survey ke Gardu Induk Babakan untuk kelengkapan data survey itu sendiri yang terkait dengan sistem proteksi transformator yang ada di Gardu Induk Babakan.



Gambar 5, Diagram alur penelitian

PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data ini akan digunakan untuk melakukan perhitungan impedansi ekuivalen, arus gangguan hubung singkat dan TMS. Tabel 1 adalah data sumber tenaga yang terpasang di Gardu Induk Babakan

Tabel 1, Data sumber tenaga yang terpasang di Gardu Induk Babakan

MVAsc 3 Fasa	Tegangan Nominal
1948,557	70 kV

Tabel 2 adalah data trafo tenaga di Gardu Induk Babakan. Trafo tenaga yang terpasang di Gardu Induk Babakan berjumlah 1 unit.

Tabel 2, Data trafo tenaga di Gardu Induk Babakan

Merk	: ASEA
Buatan	: Swedia
Type	: TAA32
No Seri	: 6510665
Tahun Buat	: 1974
Tahun Operasi	: 02/09/2009
Daya (MVA)	: 30
Ratio Teg(kV)	: 70/20
Inom (Amp)	: 866
Z (%)	: 12,7-12,4-11,7
Cooling	: OFAF
Vektor Grup	: YN yn0
Bil (kV)	: 325/125
Berat Minyak	: 11700
Berat Total	: 47500
Keterangan	: OPRS.GI ARJWN 1995

Tabel 3, adalah data panjang saluran tiap penyulang yang terhubung di Gardu Induk Babakan.

Tabel 3, Data panjang saluran tiap penyulang yang terhubung di Gardu Induk Babakan.

No	TRAFO	PMT 20 KV				INom (AMP)	CT / 5A	Keterangan	Panjang
		MerK	Buatan	Type	No. Seri				
	TRAFO 1								
	PMT 20 KV INC	ASEA	SWEDIA	KKK	241220	2231.863	1000	300	1,8
	LOSARI	ALSTHO M	PRANCI	-	TA 002956-2	630	300	Retrofit	1,8
	GEBANG UDIK	ALSTHO M	PRANCI	-	3358231002	630	300	Retrofit	53,1
	SPARE 1	ASEA	SWEDIA	-	2231873	630	300	Retrofit	64
	SPARE 2	MERLIN GERIN	PRANCI	-	S2SE0245001	630	-	Retrofit (dr. Kdptn)	64
	TRAFO PS 1	-	-	-	-	-	-	Liba Fuse	

Tabel 4 adalah data impedansi jenis saluran penyulang. Penyulang di Gardu Induk Babakan menggunakan kawat penghantar AAAC berukuran 240 mm².

Tabel 4, Data Impedansi Jenis Saluran (SPLN 64, 1985)

Jenis Kawat Pengantar	Ukuran (mm ²)	Impedansi Urutan Positif dan Negatif	Impedansi Urutan Nol
AAAC	240	0,1344 + j0,3518	0,2824 + j1,6034

Tabel 5 adalah data *over current relay* yang terpasang di sisi *incoming* dan sisi penyulang

Tabel 5, Data Over Current Relay (PLN, 2019)

Sisi Incoming		Sisi Outcoming	
MerK	Schneider	MerK	Schneider
Type	P142	Type	P142
Kurva	IEC-Standard Inverse	Kurva	IEC-Standard Inverse
Rasio CT	1000/1	Rasio CT	400/5
I set	1000	I set	352
I relay	1	I relay	4,4
TMS	0,22	TMS	0,13

Tabel 6 adalah data *ground fault relay* yang terpasang di sisi *incoming* dan sisi penyulang.

Tabel 6, Data Ground Fault Relay (PLN, 2019)

Sisi Incoming		Sisi Outcoming	
MerK	Schneider	MerK	Schneider
Type	P142	Type	P142
Kurva	IEC-Standard Inverse	Kurva	IEC-Standard Inverse
Rasio CT	1000/1	Rasio CT	400/5
I set	100	I set	32
I relay	0,1	I relay	0,4
TMS	0,23	TMS	0,12

4.2 Beban Lebih dan Arus Lebih

Arus maksimum yang mengalir pada transformator adalah :

$$\begin{aligned}
 I_{\max}(\text{trafo}) &= \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta} \\
 &= \frac{30 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 70 \text{ kV} \cdot 0,9} \\
 &= \frac{30 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,07 \text{ MV} \cdot 0,9} \\
 &= \frac{30 \text{ MVA}}{0,10912 \text{ MV}} \\
 &= 274,9 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Maka beban maksimum yang dapat mengalir pada transformator adalah :

$$\begin{aligned}
 P(\text{trafo}) &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \theta \\
 &= \sqrt{3} \times 70 \text{ kV} \times 274,9 \text{ A} \times 0,9 \\
 &= 33.329,8 \text{ kVA} \times 0,9 \\
 &= 33,329 \text{ MVA} \times 0,9 \\
 &= 29,99 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Pada saat gangguan terjadi, pembebanan pada transformator sebesar 111%, maka arus maksimum yang mengalir pada transformator sebesar :

I_{\max} (trafo) setelah diberi pembebanan :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} \times 110\% \\
 &= \frac{30 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 70 \text{ kV} \cdot 0,9} \times 110\% \\
 &= \frac{0,10912 \text{ MV}}{30 \text{ MVA}} \times 110\% \\
 &= 274,9 \times 110\% \\
 &= 302,39 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dengan beban lebih yang mengalir pada transformator sebesar 29,99 MW maka arus yang mengalir pada transformator juga akan melebihi arus maksimum.

4.3 Perhitungan arus Hubung Singkat

Bagian ini akan menjelaskan perhitungan arus gangguan hubung singkat serta penyetelan ulang OCR dan GFR berdasarkan *single line diagram* yang telah dimodelkan.

4.3.1 Menghitung Impedansi Sumber (Z_s)

Dengan menggunakan persamaan (2.5), maka impedansi sumber (Z_s) adalah:

$$Z_s (\text{sekunder}) = \frac{70^2}{1948,557} = 2,51 \Omega$$

Untuk mengonversi impedansi di sisi primer ke sisi sekunder menggunakan persamaan (2.6), maka:

$$Z_s (\text{primer}) = 2,51 \times \frac{20^2}{70^2} = 0,205 \Omega$$

4.3.2 Menghitung Impedansi Trafo (Z_t)

Nilai impedansi urutan positif dan urutan negatif trafo didapat dengan menggunakan persamaan (2.7):

$$Z_{t1} = Z_{t2} = 125\% \times \frac{20^2}{30} = 1,66 \Omega$$

Karena trafo ini memiliki hubungan belitan YY(d) yang memiliki belitan delta di dalamnya, maka besaran Z_{t0} adalah 3 kali impedansi urutan positif trafo. Sehingga dengan menggunakan persamaan (2.8) maka:

$$Z_{t0} = 3 \times 1,66 = 4,98 \Omega$$

4.3.3 Menghitung Impedansi Penyulang (Z_L)

Penyulang yang dipilih sebagai acuan adalah penyulang babakan dan Losari. Impedansi urutan positif, urutan negatif dan urutan positif penyulang dihitung menggunakan persamaan :

U/ % Panjang	Impedansi Z_1, Z_2	Hasil
25%	$0,25 \times 64 \text{ KM} \times (0,1344 + j0,3158) \text{ Ohm/KM}$	$= (2,15 + j5,05) \text{ Ohm}$
50%	$0,50 \times 64 \text{ KM} \times (0,1344 + j0,3158) \text{ Ohm/KM}$	$= (4,30 + j10,11) \text{ Ohm}$
75%	$0,75 \times 64 \text{ KM} \times (0,1344 + j0,3158) \text{ Ohm/KM}$	$= (6,45 + j15,16) \text{ Ohm}$
100%	$1,00 \times 64 \text{ KM} \times (0,1344 + j0,3158) \text{ Ohm/KM}$	$= (8,60 + j20,21) \text{ Ohm}$

Dengan demikian nilai impedansi urutan nol dapat dihitung sebagai berikut:

U/ % Panjang	Impedansi Z_0	Hasil
25%	$0,25 \times 64 \text{ KM} \times (0,2824 + j1,6034) \text{ Ohm/KM}$	$= (4,52 + j25,65) \text{ Ohm}$
50%	$0,50 \times 64 \text{ KM} \times (0,2824 + j1,6034) \text{ Ohm/KM}$	$= (9,03 + j51,3) \text{ Ohm}$
75%	$0,75 \times 64 \text{ KM} \times (0,2824 + j1,6034) \text{ Ohm/KM}$	$= (13,55 + j76,96) \text{ Ohm}$
100%	$1,00 \times 64 \text{ KM} \times (0,2824 + j1,6034) \text{ Ohm/KM}$	$= (18,07 + j102,62) \text{ Ohm}$

4.3.4 Menghitung Impedansi Ekuivalen (Z)

Z_1 eki dan Z_2 eki dapat langsung dihitung sesuai lokasi gangguan, dengan menjumlahkan $Z_s + Z_T + \%Z_L$ dan dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 &= j0,205 + j1,66 + Z_1 \text{ Penyulang} \\
 &= j1,87 + Z_1 \text{ Penyulang}
 \end{aligned}$$

U/ % Panjang	Impedansi Z_1, Z_2	Hasil
0,25	$j0,187 + (2,15 + j5,05) \text{ Ohm}$	$= (2,15 + j5,237) \text{ Ohm}$
0,5	$j0,187 + (4,30 + j10,11) \text{ Ohm}$	$= (4,30 + j10,297) \text{ Ohm}$
0,75	$j0,187 + (6,45 + j15,16) \text{ Ohm}$	$= (6,45 + j15,35) \text{ Ohm}$
1,00	$j0,187 + (8,60 + j20,21) \text{ Ohm}$	$= (8,60 + j20,4) \text{ Ohm}$

4.3.5 Menghitung Impedansi Ekuivalen (Z_0)

Hitungan didasarkan pada system pentanahan netral sistem pasokan dari Gardu Induk Pentanahan tahanan 40 Ohm. Trafo di Gardu Induk umumnya mempunyai belitan Delta Kap 1/3.

$$\begin{aligned}
 X_0 &= 3 \times X_1 \text{ Trafo} \\
 X_0 &= 3 \times 4,98 = j14,67 \text{ ohm} \\
 3 R_N &= 3 \times 40 = 120 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

U/ % Panjang	Impedansi Z_0 eki	Hasil
25%	$j14,67 + 120 + (4,52 + j25,65) \text{ Ohm}$	$= (124,52 + j40,32) \text{ Ohm}$
50%	$j14,67 + 120 + (9,03 + j51,3) \text{ Ohm}$	$= (129,3 + j65,97) \text{ Ohm}$
75%	$j14,67 + 120 + (13,55 + j76,96) \text{ Ohm}$	$= (133,55 + j91,63) \text{ Ohm}$
100%	$j14,67 + 120 + (18,07 + j102,62) \text{ Ohm}$	$= (138,07 + j117,29) \text{ Ohm}$

4.3.5 Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

Jika nilai impedansi ekivalen sesesuai lokasi gangguan telah didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menghitung arus gangguan hubung singkat.

a. Gangguan Tiga Fasa

Arus gangguan hubung singkat tiga fasa dihitung menggunakan persamaan :

$$I_f, 3\phi(0\%) = \frac{V_{L-N}}{Z}$$

U/ Gangguan di % Panjang	Arus Gangguan 3 Fasa	
25 %	$I = \frac{20000/\sqrt{3}}{\sqrt{2,15^2 + 5,237^2}}$	= 2019,1 A
50 %	$I = \frac{20000/\sqrt{3}}{\sqrt{4,30^2 + 10,297^2}}$	= 1024 A
75 %	$I = \frac{20000/\sqrt{3}}{\sqrt{6,45^2 + 15,35^2}}$	= 686,4 A
100 %	$I = \frac{20000/\sqrt{3}}{\sqrt{8,60^2 + 20,4^2}}$	= 516,2 A

b. gangguan Dua Fasa

Arus gangguan hubung singkat tiga fasa dihitung menggunakan persamaan :

$$I_f, 3\phi(0\%) = \frac{V_{L-L}}{Z}$$

U/ Gangguan di % Panjang	Arus Gangguan 2 Fasa	
25 %	$I = \frac{20000}{\sqrt{(2 \times 2,15)^2 + (2 \times 5,237)^2}}$	= 1766,8 A
50 %	$I = \frac{20000}{\sqrt{(2 \times 4,30)^2 + (2 \times 10,297)^2}}$	= 896 A
75 %	$I = \frac{20000}{\sqrt{(2 \times 6,45)^2 + (2 \times 15,35)^2}}$	= 600,6 A
100 %	$I = \frac{20000}{\sqrt{(2 \times 8,60)^2 + (2 \times 20,4)^2}}$	= 451,5 A

c. Gangguan Satu Fasa Ke Tanah

Arus gangguan hubung singkat tiga fasa dihitung menggunakan persamaan :

$$I_f, 3\phi(0\%) = \frac{V_{L-N}}{Z1+Z2+Z0}$$

U/ Gangguan di % Panjang	Arus Gangguan 2 Fasa	
25 %	$I = \frac{3 \times 20000/\sqrt{3}}{\sqrt{(2 \times 2,15 + 124,52)^2 + (2 \times 5,237 + 40,32)^2}}$	= 259,4 A
50 %	$I = \frac{3 \times 20000/\sqrt{3}}{\sqrt{(2 \times 4,30 + 129,3)^2 + (2 \times 10,297 + 65,97)^2}}$	= 213 A
75 %	$I = \frac{3 \times 20000/\sqrt{3}}{\sqrt{(2 \times 6,45 + 133,55)^2 + (2 \times 15,35 + 91,63)^2}}$	= 181,8 A
100 %	$I = \frac{3 \times 20000/\sqrt{3}}{\sqrt{(2 \times 8,60 + 138,07)^2 + (2 \times 20,4 + 117,29)^2}}$	= 156,5 A

4.4 Penyetelan Ulang Relai

4.4.1 Penyetelan ulang OCR sisi penyulang

a. Penyetelan arus OCR sisi penyulang

$$I_{set} = 1,1 \times 380 = 418 \text{ A}$$

b. Penyetelan TMS OCR di sisi Penyulang Waktu kerja (t) yang ditetapkan adalah 0,3 detik.

$$0,3 = \frac{0,14}{\left(\frac{2019,1}{418}\right)^{0,02} - 1} \times \text{TMS}$$

$$\text{TMS} = 0,12$$

4.4.2 Penyetelan ulang GFR di sisi penyulang

a. Penyetelan arus GFR sisi penyulang

$$I_{set} = 0,1 \times 380 = 38 \text{ A}$$

Penyetelan TMS GFR sisi penyulang Waktu kerja (t) yang ditetapkan adalah 0,5 detik.

$$0,5 = \frac{0,14}{\left(\frac{287}{38}\right)^{0,02} - 1} \times \text{TMS}$$

$$\text{TMS} = 0,15$$

4.4.3 Penyetelan ulang OCR di sisi incoming

a. Penyetelan arus OCR sisi incoming

$$I_{set} = 1,2 \times 866,02 = 1039,224 \text{ A}$$

b. Penyetelan TMS OCR sisi incoming Waktu kerja (t) yang ditetapkan adalah 0,3 + 0,4 detik

$$0,7 = \frac{0,14}{\left(\frac{6260}{1039,224}\right)^{0,02} - 1} \times \text{TMS}$$

$$\text{TMS} = 0,184$$

4.4.4 Penyetelan ulang GFR di sisi incoming

a. Penyetelan arus GFR sisi incoming

$$I_{set} = 0,1 \times 866,02 = 86,6 \text{ A}$$

b. Penyetelan TMS GFR sisi incoming Waktu kerja (t) yang ditetapkan adalah 1 detik.

$$1 = \frac{0,14}{\left(\frac{287}{86,6}\right)^{0,02} - 1} \times \text{TMS}$$

$$\text{TMS} = 0,173$$

4.5 Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Penyetelan Ulang

Berikut hasil perbandingan sebelum dan sesudah penyetelan ulang pada setting TMS relay OCR dan GFR di bagia sisi penyulang dan sisi incoming.

Tabel 7, Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah Penyetelan Ulang

TMS	Sebelum di setting Ulang	Sesudah Setting Ulang
OCR sisi penyulang	0,175	0,12
GFR di sisi penyulang	0,2	0,15
OCR di sisi incoming		0,184
GFR di sisi incoming		0,173

KESIMPULAN

Setelah dilakukan perhitungan gangguan hubung singkat dapat disimpulkan bahwa :

1. Apabila semakin jauh titik gangguan hubung singkat dari sumber tenaga, maka semakin kecil nilai arus gangguannya. Begitu juga sebaliknya ketika semakin dekat titik gangguan dengan sumber tenaga, maka nilai arus gangguan akan semakin besar.
2. *Time grading* OCR pada kondisi terpasang tidak sesuai dengan standar IEC 60255 sehingga dilakukan penyetelan ulang dan didapatkan hasil waktu kerja OCR di sisi *incoming* = 0,12. *Time grading* antar OCR sesuai dengan standar IEC 60255 yaitu 0,402 detik.
3. Sedangkan *time grading* GFR pada kondisi terpasang juga tidak sesuai dengan standar IEC 60255, sehingga dilakukan penyetelan ulang dan didapatkan hasil waktu kerja GFR di sisi *incoming* 0,15 *Time grading* antar GFR sesuai dengan standar IEC 60255 yaitu 0,492 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bamber, Michael dkk. 2011. Network Protection and Application Guide: Protective Relays, Measurement and Control. Paris: Alstom Grid.
- Grainger, J. J. & Stevenson, W. D. 1994. Power System Analysis. New York: McGraw-Hill.
- Hakim, Yanuar. 2012. Pengelolaan Sistem Proteksi Trafo Penyulang. Jakarta: PLN.
- IEC. 2001. IEC 60909-0 Short-circuit Currents in Three-Phase A.C. Systems – Part 0: Calculation of Currents. Jenewa: International Electrotechnical Commission.
- Isradianto dan Muh. Firmansyah Fattah. 2014. Evaluasi Sistem Proteksi Relai Differensial dan Arus Lebih Transformator Distribusi 150/20 kV 60 MVA PT. PLN (Persero) Gardu Induk Tello. Politeknik Ujung Pandang, Volume 02, Nomor 01, April 2014
- Kuncahyo, Mochamad Dwi. 2017. Analisis Setting Ground Fault Relay (GFR) Terhadap Sistem Pentanahan Netral Transformator Menggunakan Metode Neutral Grounding Resistor (NGR) Pada Penyulang PLN Rayon Kuala Pembuang. Institut Teknologi Nasional Malang, Volume 01, Nomor 01, September 2017.
- Marsudi, Djiteng. 2006. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Panjaitan, Bonar. 2012. Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Andi.
- PT. PLN (Persero). 1985. SPLN 64: Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- Risangpajar, Ladislaus. 2015. Evaluasi Koordinasi Setting Rele Proteksi OCR Pada Jaringan Distribusi Daya Pemakaian Sendiri di PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang Tambak Lorok Blok I dengan ETAP 7.5.0. Universitas Diponegoro, Volume 04, Nomor 03, September 2015