

Analisis Hubungan Singkat Satu Fasa Ke Tanah Terhadap Pengaturan Setting GFR Pada Feeder 20 Kv (Application GI Pauh Limo)

Asnal Effendi, AL

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang
Jln. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang Telephone: (0751) 7055202
asnal.effendi@gmail.com

Abstrak—Gangguan selalu terjadi pada jaringan distribusi 20 kV. Gangguan ini disebabkan oleh sambaran petir, binatang, dahan pohon, yang mengganggu penyaluran daya. Sebagai perlindungan system dari gangguan baik itu pada system pembangkitan, saluran transmisi, saluran distribusi, digunakan relai gangguan tanah untuk melindungi kawat fasa ke tanah. Perhitungan arus gangguan hubung singkat dengan koordinasi relai tidak hanya untuk satu titik gangguan, tetapi dengan pembagian arus dari sumber yang mengalir menuju titik gangguan. Studi kasus dari penelitian ini adalah aplikasi pada pengaturan GI Pauh Limo sebesar 0,3, sedangkan nilai pengaturan pada saluran BLKI dan KANDIS adalah 0,32 dan 0,3 dengan lokasi titik gangguan pada 100% pada masing-masing saluran. Simulasi perhitungan dengan menggunakan Software EMTP.

Kata Kunci: hubung singkat, GFR

Abstrac—Disturbance that often happen with network that put in distribution 20 kV. This disturbance caused by lightning, animal and tree that hit by electrical power disturbed or having extinct. As protection from that disturbance, attached protection system from distribution system or tranmission system and generator, such as ground fault relay to protect phase disturbance to the ground. Calculation of short circuit current fault for relay coordination protection need not only for one spot fault, but only current contribution from source that flow to the disturbance spot. Case study of this research is applicated to value setting in GI Pauh Limo that is 0,3 while in analysis calculation for value setting in BLKI feeder and KANDIS found that the value is 0,32 and 0,3 with disturbance spot location in 100% from each network feeder. This simulation calculation process used EMTP.

Key Words: short circuit, GFR

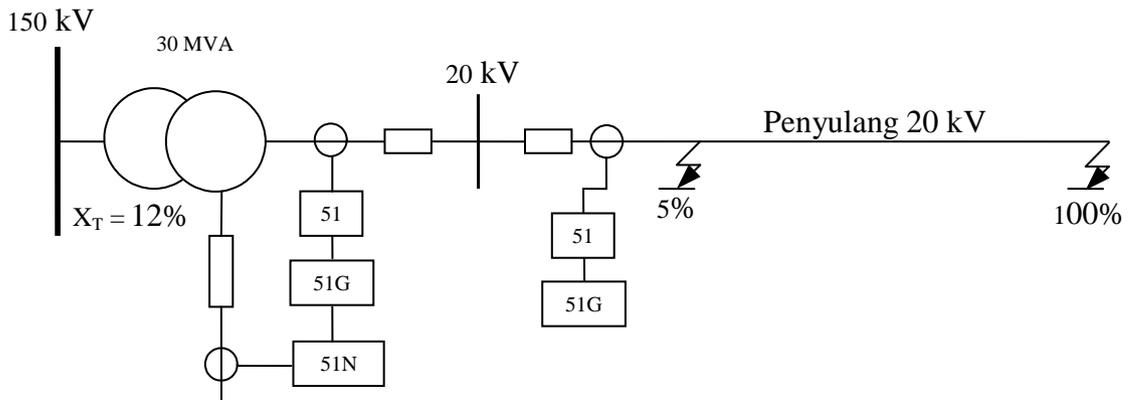
Naskah ini diterima pada tanggal 20 Juni 2009, direvisi pada tanggal 25 Juli 2009 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 1 Agustus 2009

A. Pendahuluan

Kondisi feeder Pauh Limo sering terjadi kasus trip PMT pada hal arus seting Relay belum terlampaui, menurut survey lapangan melalui operator lapangan. Ada beberapa kemungkinan penyebab hal ini terjadi diantaranya: perubahan karakteristik relay, perubahan impedansi saluran, perubahan karakteristik beban, reaktansi, Transformator atau akibat kurang tepat analisa arus hubung singkat saat awal setting. Pada kesempatan ini salah satu kemungkinan penyebabnya diangkat sebagai permasalahan adalah menganalisa kembali arus hubung singkat pada masing masing feeder untuk *re-setting relay*, yang lebih tepat (selektif dan sensitif). Sementara itu analisa hubung singkat yang dilakukan hanya satu fasa ke tanah untuk re-setting GFR pada Feeder BLKI dan Feeder Kandis.

Sistem jaringan 20 kV yang dipasang dari suatu gardu induk dan data dapat dilihat pada Gambar 1. Pada bus 150 kV adalah bus yang dipasang dari pusat yang di interkoneksi. Untuk ini diperlukan arus hubung singkat di sisi 150 kV. Adapun Perhitungan arus hubung singkat pada sistem di atas, sebagai berikut:

1. Dihitung besar impedansi sumber (reaktansi), yang dalam al ini diperoleh dari data hubung singkat di bus 150 kV.
2. Perhitungan reaktansi trafo tenaga. Perhitungan impedansi penyulang per 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang. Jadi data yang diperlukan



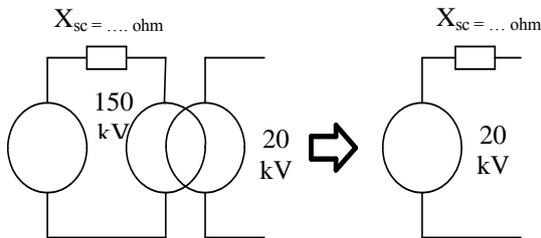
Gambar 1 Jaringan 20 kV yang di Pasok dari GI

untuk perhitungan arus hubung singkat atau koordinasi relay, adalah :

- MVA_{short} circuit di bus 150 kV.
- Data Trafo :-Kapasitas trafo (MVA)-Reaktansi urutan positif trafo (5)-Ratio tegangan-Mempunyai belitan delta atau tidak-Ratio CT di incoming feeder-Netral grounding resistance yang terpasang
- Impedansi urutan positif dan nol penyulang,-Arus beban di penyulang-Ratio CT di penyulang

$Z = (R+jX)$ ohm/km dan $Z_1 = Z_2$, dengan demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan yang diperkirakan terjadi pada 5%, 10%, 15% s/d 100% panjang penyulang. Untuk menghitung Reaktansi Ekvialaen dihitung besarnya nilai impedansi ekivalen urutan positif (Z_{1eq}), impedansi ekivalen urutan negatif (Z_{2eq}), dan impedansi ekivalen urutan Nol (Z_{0eq}) dari titik gangguan sampai kesumber.

Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat langsung menjumlahkan impedansi-impedansi seperti gambar tersebut diatas, sedangkan Z_{0eq} dimulai dari titik gangguan sampai ke Trasformator tenaga yang netralnya ditanahkan. Untuk menghitung impedansi Z_{0eq} ini diumpamakan Transpormator tenaga yang terpasang mempunyai hubungan **Yyd**, dimana mempunyai nilai $X_{T0} = 3*0,8 = 2,4$ ohm. Nilai tahanan pentanahan : $3* R_N$



Gambar 2. Ekvialen Impedansi incoming dan outgoing

$$X_{scs} \text{ (sisi 20 kV)} = \frac{KV_s^2}{KV_p^2} \times X_{scp} \quad (1)$$

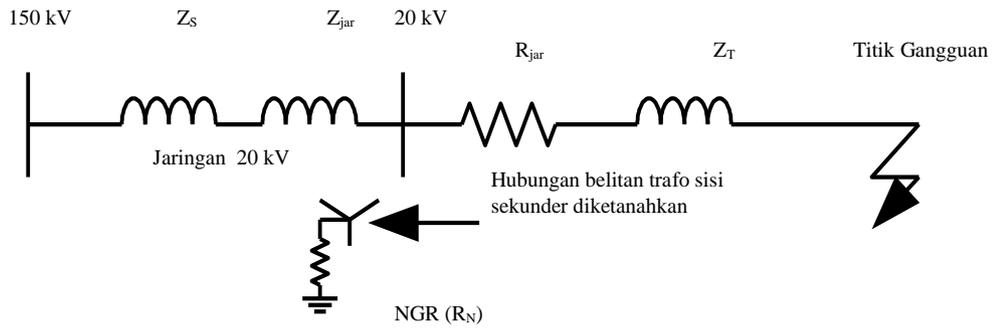
Impedansi penyulang yang akan dihitung , tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang bersangkutan, dimana besar nilainya ditentukan dari konfigurasi tiang yang dipergunakan untuk jaringan SUTM.

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{T1} + Z_{1 \text{ penyulang}} \quad (2)$$

Perhitungan Z_{0eq} :

$$Z_{0eq} = Z_{T0} + 3R_N + Z_{0 \text{ penyulang}} \quad (3)$$

Untuk mendapatkan nilai setting GFR diperlukan data dan analisa besarnya arus gangguan hubung singkat 1 Fasa ke tanah menurut persamaan:



Gambar 3. Ekuivalen Impedansi Penyulang

$$I_{\text{fault 1 Fasa}} = \frac{3 E_{ph}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (4)$$

Di mana: I = arus gangguan 1 Fasa ke tanah yang dihitung

V = tegangan fasa-netral

sistem 20Kv adalah $20.000/\sqrt{3}$

Z_1 = Impedansi Urutan

Positif yang diperoleh dari perhitungan

Z_2 = Impedansi Urutan

Negatif yang diperoleh dari perhitungan

Z_0 = Impedansi urutan nol yang

diperoleh dari perhitungan

Atau:

$$I_{\text{1 fasa ke tanah}} = 3 * I_0 \quad (5)$$

Maka arus gangguan hubung singkat 1 Fasa ke Tanah dapat dihitung:

$$\begin{aligned} I_{\text{1 fasa}} &= \frac{3 * E_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} \\ &= \frac{3 * \frac{20.000}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} \\ &= \frac{34641,016}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq} + NGR} \quad (6) \end{aligned}$$

Di mana Nilai NGR adalah nilai thermal resistance of neutral grounding resistance of transformer. (40 atau 12 Ohm).

Perhitungan ini dilakukan untuk lokasi yang di asumsikan gangguan terjadi mulai 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan seterusnya dengan kenaikan 5% sampai dengan 100% panjang jaringan.

Untuk setting GFR diambil dari arus gangguan hubung singkat 1 Fasa ke tanah yang terkecil pada 100% panjang jaringan. Untuk mengantisipasi tahanan yang tinggi yang diakibatkan penghantar fasa bersentuhan dengan benda lain yang menimbulkan tahanan tinggi, yang akan menyebabkan arus gangguan hubung singkat menjadi kecil, maka arus setting primer dikalikan dengan konstanta 0,06 s/d 0,1, maka persamaan $I_{\text{set primer}}$ menjadi

$$I_{\text{set primer}} = 0,1 * I_{\text{1 fasa terkecil}}$$

Dan

$$I_{\text{set sec}} = I_{\text{set primer}} * 1/\text{ratio CT}$$

Setting waktu relay standard Invers dihitung dengan menggunakan rumus kurva waktu Vs arus, yang dalam hal ini akan digunakan standard Bristis maka:

$$T_{ms} = \frac{(0,3) * \left(\left(\frac{I_{\text{1 fasa}}}{I_{\text{set pri}}} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} \quad (7)$$

$$t = \frac{T_{ms} * 0,14}{\left(\left(\frac{I_{\text{1 fasa}}}{I_{\text{set pri}}} \right)^{0,02} - 1 \right)} \quad (8)$$

Untuk mendapatkan sensitivity setting relay cadangan pada Incoming maka diambil nilai konstanta yang lebih kecil dari out going feeder, disini diambil 0,07 maka:

$$I \text{ set primer} = 0,07 * I_{f1 \text{ fasa}} \tag{9}$$

$$I \text{ set sec} = I \text{ set primer} * 1/\text{ratio CT} \tag{10}$$

$$Tms = \frac{(0,3 + 0,4) x \left[\left(\frac{I_{f1 \text{ phasa}}}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

(11)

$$t = \frac{Tms x 0,14}{\left[\left(\frac{I_{f1 \text{ phasa}}}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

(12)

B. Metodologi

Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung ke lapangan PT. PLN (Persero). Terhadap data yang diperoleh dilakukan pengolahan, perhitungan untuk mendapatkan nilai impedansi saluran dan arus hubung singkat 1 phasa ke tanah, untuk keperluan koordinasi relai proteksinya; tidak hanya pada titik gangguan tetapi juga pada konstribusi arus dari sumber yang mengalir ke titik gangguan. Data - data yang didapat berdasarkan peralatan - peralatan yang berada pada wilayah kerja Gardu Induk Pauh Limo dan penyulang.

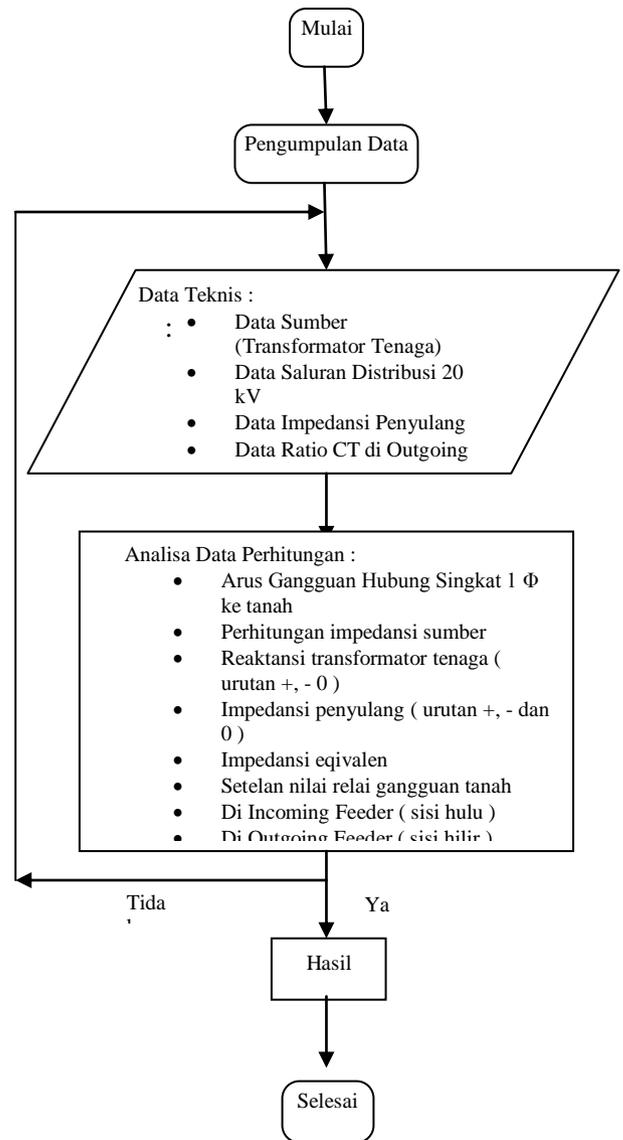
Metode Analisa Data

Metode analisa data adalah dengan menggunakan data - data pada Gardu Induk Pauh Limo dan penyulangnya, dengan materi kajian terdiri dari :

1. Menghitung besar impedansi sumber (reaktansi), yang dalam hal ini di peroleh dari data hubung singkat di Bus 150 kV.
2. Menghitung reaktansi trafo tenaga.

3. Menghitung impedansi pada masing - masing penyulang dan besarnya nilai impedansi eqivalen pada masing - masing penyulang.
4. Dan melakukan perhitungan sesuai dengan koordinasi relay gangguan tanah (Ground Fault Relay)

Ada pun jalannya dilakukan menurut diagram alir dibawah ini:



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

C. Hasil Dan Pembahasan

Tabel 1. Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Phasa ke Tanah

Arus gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah (Amp)
$34641,016 / (2 \cdot (0,089 + j 1,077) + 120,150 + j 0,72) = 287,80$
$34641,016 / (2 \cdot (0,896 + j 2,256) + 121,505 + j 6,43) = 279,85$
$34641,016 / (2 \cdot (1,793 + j 3,566) + 123,010 + j 12,765) = 270,32$
$34641,016 / (2 \cdot (2,689 + j 4,876) + 124,516 + j 19,1) = 260,34$
$34641,016 / (2 \cdot (3,586 + j 6,187) + 126,021 + j 25,43) = 250,20$
$34641,016 / (2 \cdot (4,482 + j 7,497) + 127,527 + j 31,77) = 240,09$
$34641,016 / (2 \cdot (5,379 + j 8,807) + 129,032 + j 38,10) = 230,19$
$34641,016 / (2 \cdot (6,276 + j 10,118) + 130,537 + j 44,44) = 220,60$
$34641,016 / (2 \cdot (7,172 + j 11,428) + 132,043 + j 50,77) = 211,40$
$34641,016 / (2 \cdot (8,069 + j 12,738) + 133,548 + j 57,11) = 202,63$
$34641,016 / (2 \cdot (8,965 + j 14,049) + 135,054 + j 63,44) = 194,30$

Setelan relai gangguan tanah di Outgoing Feeder

Dari tabel 1, diperoleh arus gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah yang gangguannya terjadi pada 1%, 10%, 20% s/d 100% dari panjang jaringan penyulang (12,826 km). Untuk setelan arus primer di outgoing feeder, konstanta harus lebih besar dari konstanta yang berada di incoming feeder, hal ini untuk sensitivity dari setelan relai cadangan di incoming. Maka untuk perhitungan setelan relainya adalah sebagai berikut:

a. Untuk gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah di 1% dari panjang jaringan penyulang (12,826 km).

Arus primer yang dipergunakan untuk setelan GFR diambil dari arus gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah yang terkecil, pada tabel 1 didapatkan 194,305 , maka :

$$\begin{aligned} I_{SET \text{ PRIMER}} &= 0,1 \times I_{f1\phi \text{ terkecil}} \\ &= 0,1 \times 194,305 \\ &= 19,430 \text{ Amp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{SET \text{ SKUNDER}} &= I_{SET \text{ PRIMER}} \times \frac{1}{Ratio \text{ CT}} \\ &= 19,430 \times \frac{5}{150} = 0,647 \text{ Amp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Tms &= \frac{(0,3) \times \left[\left(\frac{I_{f1 \text{ phasa}}}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \\ &= \frac{(0,3) \times \left[\left(\frac{287,805}{19,430} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \\ &= 0,118 \\ t &= \frac{Tms \times 0,14}{\left[\left(\frac{I_{f1 \text{ phasa}}}{I_{SET \text{ PRIMER}}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ &= \frac{0,118 \times 0,14}{\left[\left(\frac{287,805}{19,430} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ &= 0,278 \text{ detik} \end{aligned}$$

b. Untuk gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah pada 10% dari panjang jaringan penyulang (12,826 km).

Arus primer yang dipergunakan untuk setelan GFR diambil dari arus gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah yang terkecil, pada tabel 4.8 didapatkan 194,305 , maka :

$$\begin{aligned} I_{SET \text{ PRIMER}} &= 0,1 \times I_{f1\phi \text{ terkecil}} \\ &= 0,1 \times 194,305 = 19,430 \text{ Amp} \end{aligned}$$

$$I_{SET\ SKUNDER} = I_{SET\ PRIMER} \times \frac{1}{Ratio\ CT}$$

$$= 19,430 \times \frac{5}{150} = 0,647\ Amp$$

$$Tms = \frac{(0,3) \times \left[\left(\frac{I_{f1\ phasa}}{I_{SET\ PRIMER}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$= \frac{(0,3) \times \left[\left(\frac{279,855}{19,430} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$= 0,117$$

$$t = \frac{Tms \times 0,14}{\left[\left(\frac{I_{f1\ phasa}}{I_{SET\ PRIMER}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$= \frac{0,117 \times 0,14}{\left[\left(\frac{279,855}{19,430} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 0,298\ detik$$

c. Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada 20% dari panjang jaringan penyulang (12,826 km). Arus primer yang dipergunakan untuk setelan GFR diambil dari arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yang terkecil, pada tabel 4.8 didapatkan 194,305 , maka :

$$I_{SET\ PRIMER} = 0,1 \times I_{f1\phi\ terkecil}$$

$$= 0,1 \times 194,305$$

$$= 19,430\ Amp$$

$$I_{SET\ SKUNDER} = I_{SET\ PRIMER} \times \frac{1}{Ratio\ CT}$$

$$= 19,430 \times \frac{5}{150} = 0,647\ Amp$$

$$t = \frac{Tms \times 0,14}{\left[\left(\frac{I_{f1\ phasa}}{I_{SET\ PRIMER}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

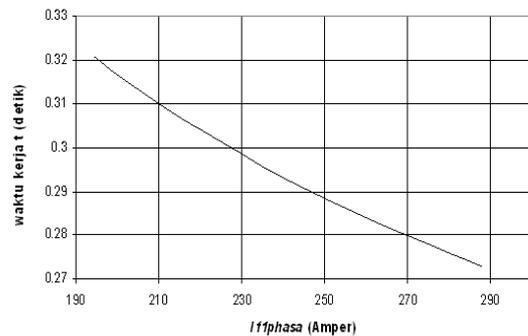
$$= \frac{0,116 \times 0,14}{\left[\left(\frac{270,316}{19,43} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 0,300\ detik$$

d. Selanjutnya untuk setelan relai di outgoing feeder pada arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah lainnya sampai dengan 100% dari panjang penyulang (12,826 km), dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan seperti diatas, maka akan didapatkan nilai Iset primer, Iset skunder, Tms dan t, seperti pada tabel 2.

Dari perhitungan manual dan dengan bantuan Exel didapatkan data setting GFR penyulang BLKI pada sisi out going sbb:

- If1phasa terkecil = 194,305 Amper
- Iset primer = 19,43 Amper
- Iset skunder = 0,647 Amper
- Tms = 0,108

$$T = 0,320\ detik$$



Gambar 5 Estimasi waktu kerja relay menurut % titik gangguan

Dilihat dari grafik dapat diamati bahwa dengan me-estimasi titik gangguan, dari kemungkinan gangguan hubung singkat salah satu fasa ke tanah, sepanjang saluran mulai pada titik gangguan 1% panjang saluran , 10 % , 20% dan seterusnya sampai dengan titik 100% panjang saluran sehingga akan terlihat Arus hubung singkat 1 fasa ke tanah (If1phasa) bervariasi 194,3 Amper sampai dengan 287,8 Amper. If1phasa ini akan dirasakan oleh relai melalui CT-nya, sehingga waktu kerja relay bervariasi menurut arus gangguan 1 fasa tersebut dan terlihat lengkung kerjanya sesuai dengan karakteristik relai *Invers* .

Tabel 2. Estimasi Waktu Kerja Relay t(detik) Sisi *Outgoing* Untuk Penyulang BLKI Menurut % Titik Gangguan

Panjang Saluran (%)	Konstanta	Isetr Primer (A)	Iset Sekunder (A)	TMS	Ifasa 1 Phasa % Gangguan (A)	t kerja relay (detik)
1%	0,1	19,43	0,647667	0,108	287,805	0,272979
10%	0,1	19,43	0,647667	0,108	279,855	0,275923
20%	0,1	19,43	0,647667	0,108	270,316	0,279656
30%	0,1	19,43	0,647667	0,108	260,341	0,283815
40%	0,1	19,43	0,647667	0,108	250,196	0,288345
50%	0,1	19,43	0,647667	0,108	240,095	0,293193
60%	0,1	19,43	0,647667	0,108	230,195	0,298314
70%	0,1	19,43	0,647667	0,108	220,605	0,303669
80%	0,1	19,43	0,647667	0,108	211,403	0,309222
90%	0,1	19,43	0,647667	0,108	202,629	0,314948
100%	0,1	19,43	0,647667	0,108	194,305	0,320821

D. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Pada penyulang 1 (BLKI) dan penyulang 2 (Kandis), ditunjukkan bahwa relai gangguan tanah sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus gangguan hubung singkat
2. Untuk penyulang (feeder) BLKI arus setting primer incoming 11,658 Amper outgoing 11,43 dan arus setting sekunder incoming 0,014 Amper outgoing 0,647 Amper.
3. Untuk penyulang (feeder) Kandis arus setting primer incoming 8,370 Amper outgoing 13,951 Amper dan arus sekunder incoming 0,1046 Amper outgoing 0,1744 Amper
4. Untuk penyulang (feeder) BLKI setting waktu untuk rele beroperasi (TMS) incoming 0,289 dt outgoing 0,108 dt dan lamanya waktu kerja relay incoming 0,7 dt outgoin 0,320 dt dengan arus gangguan 1 fase 194, 3 Amper
5. Untuk penyulang (feeder) Kandis setting waktu untuk rele beroperasi (TMS) incoming 0,289 dt outgoing 0,1 dt dan lamanya waktu kerja relay incoming 0,7 dt outgoin 0,3 dt dengan arus gangguan 1 fase 127, 788 Amper
6. Dengan membandingkan data setting terpasang pada GFR terhadap nilai setting hasil penelitian ini untuk Feeder kandis sudah sesuai (sama-sama 0.3 detik) dan tidak perlu resetting, tetapi intuk feeder BLKI harus diset kembali dengan $t = 0,32$ detik

Daftar Pustaka

- [1]. Armando Guzman, *Senior Member, IEEE*, Stanley Zocholl, Gabriel Benmouyal, *Mamber. IEEE*, and Hector J. Altuve, *Senior Member ,IEEE*, 2002, “**A Current-Based Solution for Transformer Differential Protection: Relay Deskription and Evaluation**”, IEEE Transaction on Power Delevery, Vol 17 No 4 October 2002.
 - [2]. GEC Measurements, 1975, “**Protektive relays application guide**,” p.l.c of England.
 - [3]. Jemjem Kurnain , Syofvi Felienty, 2001. “**Proteksi Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali**”, *Materi Kursus Sistem Proteksi Jawa Bali* Jakarta, PT. PLN
 - [4]. Luces.M Faulkenberry, Walter Coffey, 1996. “**Electrical Power Distribution and Transmision**“, Prentice-Hall, Inc.
- Pribadi Kadarisman, Wahyudi Sarimun.N,2005.”Proteksi Sistem Distribusi Untuk system Interkoneksi,”PT. PL