

ANALISA PROTEKSI ARUS LEBIH GANGGUAN TANAH PADA FEEDER GARDU INDUK GARUDA SAKTI

Grace Arisantha, Edy Hamdani

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293, Indonesia
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: arisanthagrace@yahoo.com

ABSTRACT

There are a lot of disruption in the distribution of electrical energy which can result in interruption of the power supply to the load. It is necessary for the protection or security system that is reliable to anticipate when an interruption occurs. Protection system serves to separate the problematic parts with which is not for the system to remain operational.

Usually 20 KV feeder outages caused by short circuit. Total blackout (black out) can occur when setting the relay or in this study were discussed Ground Fault Relay (GFR) on the incoming or outgoing unfavorable. For that one effort that can be done is to analyze the protection relay settings, so that mutually coordinated well and is expected if an interruption in one of the feeder it will not make black out the other.

From the research, the high short-circuit fault current is influenced by the distance of the point of interruption, the greater the distance the point of interruption, the smaller the short circuit fault current and vice versa. Where it is known from the analysis set Ground Fault Relay (GFR) at 20 KV incoming side has a delay of work, so do resetting on the incoming side by setting the delay time becomes 0.28 seconds.

Keywords : Ground Fault Relay, short circuit, one phase to ground

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu energi utama yang digunakan hampir diseluruh aspek kehidupan dan kebutuhan yang tak tergantikan untuk masa yang akan mendatang. Dalam penyaluran energi listrik dibutuhkan kontinuitas pelayanan yang baik kepada konsumen, karena penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik.

Untuk menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik diperlukan sistem proteksi yang dapat melindungi sistem tenaga tersebut apabila terjadi gangguan. Sistem proteksi bertujuan untuk mendeteksi terjadinya suatu gangguan dan secepat mungkin mengisolir bagian sistem yang terganggu tersebut agar tidak mempengaruhi sistem secara keseluruhan.

Pada sistem distribusi sering terjadi kesalahan kerja relai antara sisi *incoming* dan *outgoing* atau

penyulang yang kebanyakan disebabkan oleh gangguan hubung singkat. Oleh karena itu untuk keamanan sistem distribusi perlu mendapatkan suatu nilai *setting* relai yang tepat (sensitif dan selektif).

Pada penyulang sering terjadi kasus trip-nya PMT padahal arus seting relai belum terlampaui. Dari hasil survey lapangan melalui operator lapangan, ada beberapa kemungkinan yang menyebabkan 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 penulis akan membahas salah satu penyebabnya permasalahan yaitu menganalisa kembali arus hubung singkat pada masing-masing penyulang untuk dilakukan *re-setting relay*, yang lebih tepat (selektif dan sensitif). Sementara itu analisa hubung singkat yang dilakukan hanya satu

phasa ke tanah untuk re-setting GFR pada gardu induk Garuda Sakti.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Distribusi

Fungsi utama dari sistem distribusi adalah untuk menyalurkan energi listrik dari sumber daya ke pemakai atau konsumen. Sistem distribusi merupakan keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber daya yang besar (seperti gardu transmisi) dengan konsumen tenaga listrik.

2.2. Gangguan Hubung Singkat

Yang membedakan antara gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan, impedansi yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti berikut :

Z gangguan 3 ϕ $Z = Z_1$

Z gangguan 2 ϕ $Z = Z_1 + Z_2$

Z gangguan 1 ϕ $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0$

2.2.1. Impedansi Sumber

Impedansi sumber di bus 150 kV

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA_{sisi150kV}} \quad (2.1)$$

Konversi Impedansi sumber sisi 150 kV ke sisi 20 kV

$$X_s(sisi20kV) = \frac{20^2}{150^2} \times X_s(sisi150kV) \quad (2.2)$$

2.2.2. Impedansi Transformator

Nilai ohm pada 100%

$$X_t(\text{pada } 100\%) = \frac{kV^2}{MVA} \quad (2.3)$$

- Reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$)

$$X_{t1/t2} \% \text{ yang diketahui } \times X_t(\text{pada } 100\%) \quad (2.4)$$

- reaktansi urutan nol (X_{t0}) harus diketahui data dari kapasitas belitan delta yang ada dalam trafo

2.2.3. Impedansi Penyulang

Perhitungan impedansi penyulang tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang

$$Z_n = L \times Z/\text{km} \quad (2.5)$$

2.2.4. Impedansi Ekvivalen Jaringan

Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1} + Z_{1\text{ penyulang}} \quad (2.6)$$

Perhitungan Z_{0eq} :

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3RN + Z_{0\text{ penyulang}} \quad (2.7)$$

2.3. Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

Kemungkinan terjadinya gangguan satu fasa ke tanah adalah *back flashover* antara tiang ke salah satu kawat transmisi dan distribusi.

$$I = \frac{V}{Z} \quad (2.8)$$

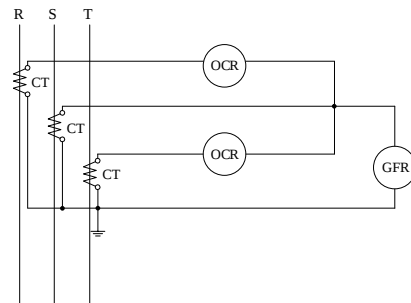
$$I_{1fasaketanah} = 3 \times I_0 \quad (2.9)$$

Sehingga arus gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_{1fasa} = 3 \times I_0 = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \quad (2.10)$$

2.4. Rele Hubung Tanah (Ground Fault Relay)

Rele Hubung Tanah yang lebih dikenal dengan GFR (*Ground Fault Relay*) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan rele arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Rele ini bekerja untuk mendeteksi gangguan ke tanah atau lebih tepatnya dengan mengukur besarnya arus residu yang mengalir ke tanah.



Gambar 2.11 Penyambungan rele gangguan tanah

2.3.1. Setting waktu (TMS)

$$T_{ms} = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^{0.02} - 1 \right)}{0.14} \quad (2.14)$$

Dimana,

t = Waktu kerja rele (detik)

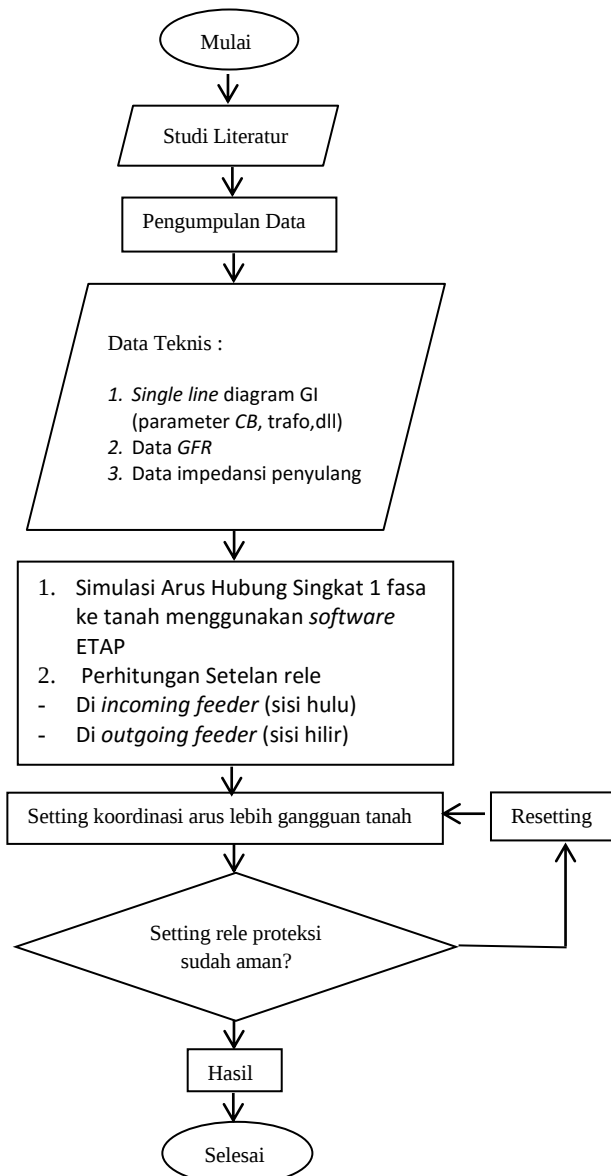
TMS = Time Multiplier Setting (0.05 – 1)

I_{fault} = Arus gangguan tiga phasa (A)

I_{set} = Arus setting (A)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Data Transformator

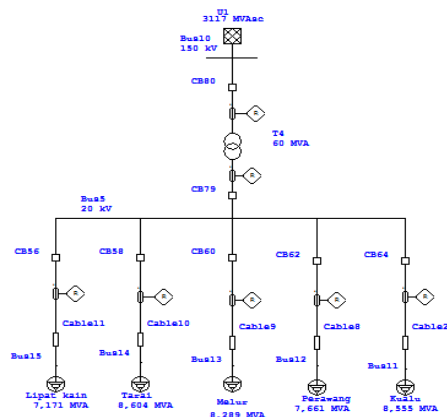
Tabel 3.1 Spesifikasi Trafo Distribusi 60 MVA

Nama Pabrik	UNINDO
Standar	IEC76
Daya Pengenal	60 MVA
Jumlah Fasa	3
Tegangan Primer L-L (KV)	150 KV
Tegangan Sekunder L-L (KV)	20 KV
Vektor Group	YNy0 d1
Impedansi (%)	12,55%
Frekuensi	50 Hz
Pendingin	ONAN / ONAF
Berat Total	103500 kg
Berat Minyak	18000 kg

Tabel 3.2 Impedansi Jenis Penghantar di GI Garuda Sakti

Jenis penghantar kawat/kabel	Ukuran (mm ²)	Impedansi urutan positif (Z1)	Impedansi urutan nol (Z0)
Kawat XLPE	240 mm ²	0,125 + j 0,097	0,257 + j 0,029

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.1 Single line diagram transformator_4 gardu induk garuda sakti

4.1. Hasil Simulasi Arus Gangguan H.S 1φ ke Tanah menggunakan software ETAP

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Arus G.H.S 1φ ke Tanah

Lokasi Gangguan	Panjang	$I_{1\phi \text{ ketanah}}$
Bus 20kV	0	283
Penyulang L. Kain	202	154
Penyulang Tarai	59,9	228
Penyulang Melur	44,3	240
Penyulang Perawang	153	173
Penyulang Kualu	69,85	220

4.2. Hasil Penyetelan GFR

Untuk penyetelan rele gangguan tanah, arus hubung singkat yang digunakan diperoleh berdasarkan bantuan software ETAP.

4.2.1. Sisi Penyulang Lipat Kain

$$I_{\text{set primer}} = 10\% \times (\text{G.H.S di 100\% panjang penyulang}) \\ = 0,1 \times 154 \\ = 15,4 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(pri)}} \times \frac{1}{\text{rasioCT}} \\ = 15,4 \times \frac{5}{800} \text{ A} \\ = 0,0963 \text{ A}$$

- TMS

Waktu kerja paling hilir yang ditetapkan $t = 0,3\text{s}$.

$$t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS \\ 0,3 = \frac{0,14}{\left[\frac{283}{15,4} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS$$

$$TMS = 0,1 \text{ s}$$

4.2.2. Sisi Penyulang Tarai

$$I_{\text{set primer}} = 10\% \times (\text{G.H.S di 100\% panjang penyulang}) \\ = 0,1 \times 228 \\ = 22,8 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(pri)}} \times \frac{1}{\text{rasioCT}} \\ = 22,8 \times \frac{5}{800} \text{ A} \\ = 0,1425 \text{ A}$$

- TMS

Waktu kerja paling hilir yang ditetapkan $t = 0,3\text{s}$.

$$t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS \\ 0,3 = \frac{0,14}{\left[\frac{283}{22,8} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS$$

$$TMS = 0,1 \text{ s}$$

4.2.3. Sisi Penyulang Melur

$$I_{\text{set primer}} = 10\% \times (\text{G.H.S di 100\% panjang penyulang}) \\ = 0,1 \times 240 \\ = 24 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(pri)}} \times \frac{1}{\text{rasioCT}} \\ = 24 \times \frac{5}{800} \text{ A} \\ = 0,15 \text{ A}$$

- TMS

Waktu kerja paling hilir yang ditetapkan $t = 0,3\text{s}$.

$$t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS \\ 0,3 = \frac{0,14}{\left[\frac{283}{24} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS \\ TMS = 0,1\text{s}$$

4.2.4. Sisi Penyulang Perawang

$$I_{\text{set primer}} = 10\% \times (\text{G.H.S di 100\% panjang penyulang}) \\ = 0,1 \times 173 \\ = 17,3 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(pri)}} \times \frac{1}{\text{rasioCT}} \\ = 17,3 \times \frac{5}{800} \text{ A} \\ = 0,108 \text{ A}$$

- TMS

Waktu kerja paling hilir yang ditetapkan $t = 0,3\text{s}$.

$$t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS$$

$$0,3 = \frac{0,14}{\left[\frac{283}{17,3} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS$$

$$TMS = 0,1 \text{ s}$$

$$t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS$$

$$0,7 = \frac{0,14}{\left[\frac{283}{12,32} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS$$

$$TMS = 0,28 \text{ s}$$

4.2.5. Sisi Penyulang Kualu

$$I_{set \text{ primer}} = 10\% \times (\text{G.H.S di } 100\% \text{ panjang penyulang})$$

$$= 0,1 \times 220$$

$$= 22 \text{ A}$$

$$I_{set(\text{sekunder})} = I_{set(\text{pri})} \times \frac{1}{\text{rasioCT}}$$

$$= 22 \times \frac{5}{800} \text{ A}$$

$$= 0,1375 \text{ A}$$

- TMS
Waktu kerja paling hilir yang ditetapkan $t = 0,3\text{s}$.

$$t = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS$$

$$0,3 = \frac{0,14}{\left[\frac{283}{22} \right]^{0,02} - 1} \cdot TMS$$

$$TMS = 0,1 \text{ s}$$

4.2.6. Sisi incoming 20 kV

$$I_{set \text{ primer}} = 8\% \times (\text{G.H.S di } 100\% \text{ panjang penyulang})$$

$$= 0,08 \times 154$$

$$= 12,32 \text{ A}$$

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

$$= 12,32 \times \frac{5}{2000} \text{ A}$$

$$= 0,0308 \text{ A}$$

- TMS
Waktu kerja paling hilir yang ditetapkan +
0,4s.
 $t_{\text{incoming}} = (0,3 + 0,4) = 0,7\text{s}$

4.3. Hasil Pemeriksaan Waktu Kerja Relai GFR

Tabel 4.2 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 1 Fasa ke Tanah

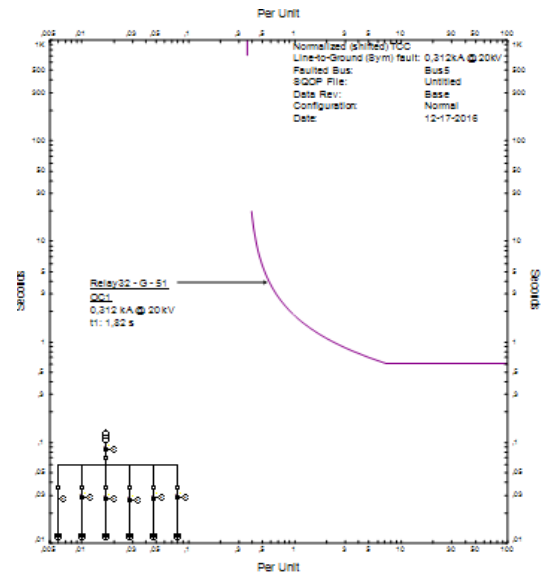
Penyulang	% Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisih Waktu / Grading Time (detik)
P. Lipat Kain	0%	0,299	0,704	0,405
	100%	0,347	0,76	0,413
P. Tarai	0%	0,3	0,704	0,404
	100%	0,319	0,719	0,411
P. Melur	0%	0,299	0,704	0,405
	100%	0,314	0,712	0,410
P. Perawang	0%	0,3	0,704	0,404
	100%	0,33	0,738	0,408
P. Kualu	0%	0,299	0,704	0,405
	100%	0,32	0,724	0,411

4.4. Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Data di Lapangan

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Data di Lapangan

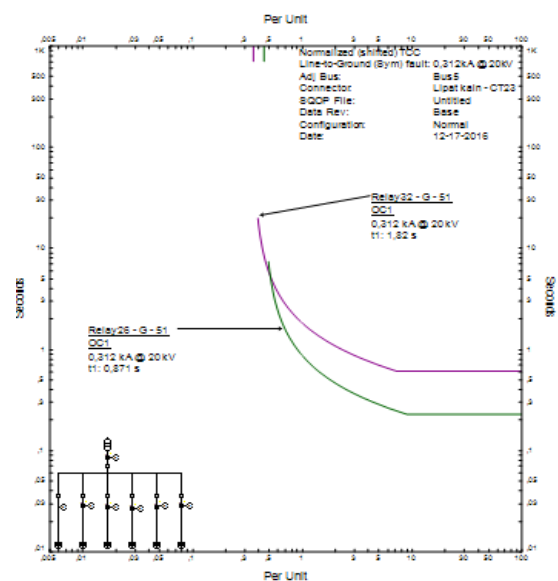
No	Nama Relai	Data Hasil Perhitungan	Data Lapangan
1	GFR (sisi <i>incoming</i>)	TMS = 0,28s Rasio CT = 2000/5	TMS = 0.3s Rasio CT = 2000/5
2	GFR (penyulang Lipat Kain)	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5
3	GFR (penyulang Tarai)	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5
4	GFR (penyulang Melur)	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5
5	GFR (penyulang Perawang)	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5
6	GFR (penyulang Kualu)	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5

4.5. Kurva GFR



Gambar 4.5 Kurva GFR pada kondisi *Resetting* untuk gangguan 1 fasa ke tanah pada *incoming* Transformator_4

Dengan menganalisa kurva GFR untuk gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah pada kondisi *resetting* dapat diketahui beberapa kondisi *resetting* koordinasi *setting* relai untuk sisi *incoming* pada Relay32 bekerja dan berkoordinasi dengan baik. Hal ini terlihat perubahan dari waktu yang dibutuhkan Relay32 untuk *trip* dan bekerja dengan cepat saat diberi gangguan.



Gambar 4.6 Kurva GFR pada kondisi *Resetting* untuk gangguan 1 fasa ke tanah pada penyulang

Dengan menganalisa kurva GFR untuk gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah pada kondisi *resetting* dapat diketahui beberapa kondisi *resetting* koordinasi *setting* relai untuk sisi penyulang pada *Relay26* dengan *Relay32* bekerja dan berkoordinasi dengan baik. Terlihat *Relay26* bekerja terlebih dahulu lalu *Relay32* yang bekerja karena diberi gangguan di *Lump Lipat Kain*. Jadi untuk gangguan di penyulang tidak ada masalah yang berarti hanya masalah teknis seperti pergantian relai agar *range* arus *pickup* dan *setting* waktu kerja yang besar dapat dipertimbangkan oleh perusahaan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan diatas maka kesimpulannya adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan didapat besar arus gangguan 1 fasa ke tanah berdasarkan titik gangguan. 0% = 283A, 25% = 279A, 50% = 275A, 75% = 271A, dan 100% = 267A.
2. Berdasarkan hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya, begitu pula sebaliknya.
3. Untuk *setting* relai GFR di sisi penyulang memiliki nilai yang kurang lebih sama dimana TMS untuk GFR 0,1s di perhitungan dan 0,1s di lapangan untuk GFR. Namun *setting* pada *incoming* sebaiknya di *resetting* ulang karena sudah tidak sesuai lagi yaitu TMS = 0,3s dengan kata lain jika terjadi gangguan hubung singkat maka relai tersebut akan memerlukan waktu yang cukup lama untuk bekerja. Jadi *setting* relai GFR sisi *incoming* yang ada di lapangan harus di *setting* kembali, yaitu dengan *setting* GFR di sisi *incoming* TMS = 0,265s.
4. Dari hasil analisa didapat hasil perhitungan dengan data yang ada di lapangan masih dalam kondisi yang sesuai yang berarti *setting* *Ground Fault Relay* (GFR) yang ada di lapangan masih dalam kondisi baik.

5.2. Saran

Agar kerja dari sistem proteksi yang dalam hal ini adalah relai proteksi menjadi lebih optimal dan keandalan tetap terjaga perlu

dilakukannya pengecekan *setting* relai secara periodik (dalam waktu tertentu), sehingga dapat diketahui apakah relai masih sensitif dan selektif dalam mengatasi gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- Stevenson, Jr. William D. 1994. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Terjemahan Ir. Kamal Idris, Erlangga, Cetakan keempat, Jakarta.
- Suswanto, Dawan. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Penerbit Universitas Negeri Padang, Padang.
- Bonar, Pandjaitan. 2013. *Praktik Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- Irfan, Affandi. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Rize, Taufiq Ramadhan. 2014. *Studi Koordinasi Sistem Pengaman Penyulang Trafo IV Di Gardu Induk Waru*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Hutauruk T.S., *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan*, Jakarta : Erlangga, 1987.