

## Analisa *Setting* Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung

Ade Wahyu Hidayat, Herri Gusmedi, Lukmanul Hakim, Dikpride Despa

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung  
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng, Kedaton, Bandarlampung  
hidayat.aw@gmail.com

**Intisari**---Terdapat banyak sekali gangguan pada jaringan distribusi Gardu Induk Teluk Betung sehingga menyebabkan terputusnya pasokan daya ke konsumen. Peralatan proteksi sangat memegang peranan penting untuk mengatasi gangguan tersebut yang memenuhi persyaratan sensitif, handal, cepat dan selektif yang semuanya bergantung pada ketepatan pada setting peralatannya. Peralatan proteksi yang terpasang harus dikoordinasikan dengan menentukan operasi rele untuk setiap gangguan pada daerah proteksi rele. Peralatan proteksi yang digunakan adalah rele arus lebih dan rela gangguan tanah yang akan menginstruksikan pemutus tenaga untuk membuka bila terjadi gangguan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besar arus hubung singkat, menentukan setting peralatan proteksi serta membandingkannya dengan setting yang terpasang di lapangan. Dengan menghitung besar arus hubung singkat, kita dapat menentukan setting arus dan waktu pada peralatan proteksi dengan persamaan yang telah ditetapkan. Hasil perhitungan dan keadaan di lapangan masih dapat dikategorikan baik dengan hanya sedikit perbedaan nilai, namun terdapat satu peralatan proteksi yang memerlukan setting ulang karena sudah tidak sesuai lagi.

**Kata kunci**---gangguan hubung singkat, proteksi arus lebih, setting rele, koordinasi rele, Gardu IndukTeluk Betung

**Abstract**---There are a lot of disruptions in the distribution network of Teluk Betung substation, causing interruption of power supply to consumers. Protective devices play an important role to overcome the fault and must meet the requirements of sensitivity, reliability, rapid and selectivity of which are dependent on the accuracy of the equipment settings. Protection equipment installed must be coordinated with the operation of the relay to determine any interference relay protection area. Protective equipment used are over current and ground-fault relays to calculate the short circuit current, this work aims to determine the protective equipment settings and compare them to the settings installed in the field. By calculating a short circuit, we can determine the current setting and protection equipment with time at a predetermined equation. Calculation results and circumstances on the ground can still be considered good with only slight differences in value, but there is a protective device that requires resetting because it is no longer appropriate.

**Keywords**---short circuit, over-current protection, relay setting, coordination relays.

### I. PENDAHULUAN

Terdapat banyak sekali gangguan pada jaringan distribusi yang dapat mengakibatkan terputusnya pasokan daya listrik ke beban. Gangguan tersebut dapat berupa gangguan temporer maupun permanen. Untuk mengatasi gangguan tersebut penerapan dan penggunaan peralatan proteksi mempunyai peranan yang sangat penting, sehingga kontinuitas pelayanan tidak terganggu dalam waktu yang lama.

Permasalahan koordinasi adalah menentukan urutan operasi rele untuk masing-masing lokasi gangguan yang

memungkinkan adanya koordinasi tanpa waktu delay yang terlalu lama. Koordinasi pada intinya adalah memilih dan menentukan *setting* waktu untuk menentukan daerah proteksi terhadap gangguan sementara pada penyulang bila terjadi manuver/pelimpahan beban. Koordinasi sistem proteksi dapat melokalisir dan mengisolasi daerah yang terganggu sehingga dapat mengurangi jumlah pemadaman pada konsumen.

Tujuan penyusunan makalah ini adalah untuk menghitung besar arus gangguan hubung singkat pada penyulang topan kemudian menentukan setting untuk rele arus lebih dan rele gangguan tanah serta

membandingkannya dengan setting yang terpasang di lapangan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Pengaman<sup>[3]</sup>

Sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman pada peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik seperti generator, bus bar, transformator, SUTT, kabel bawah tanah dan sebagainya terhadap kondisi abnormal pada operasi sistem.

Fungsi pengaman tenaga listrik antara lain:

1. Mencegah kerusakan peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi tidak normal pada sistem.
2. Mempersempit daerah terjadinya gangguan sehingga gangguan tidak menyebar ke sistem yang lain.
3. Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan dan mutu yang tinggi kepada konsumen.
4. Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik.

### B. Sistem Proteksi Rele<sup>[3]</sup>

Jika terjadi gangguan maka rele secara otomatis akan memberikan sinyal perintah untuk membuka pemutus tenaga (PMT) agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari sistem. Rele dapat mengetahui gangguan dengan mengukur atau membandingkan besaran yang diterimanya seperti arus, tegangan, frekuensi, daya, sudut fasa dan sebagainya sesuai dengan jenis dan besaran rele yang ditentukan

Fungsi rele adalah sebagai berikut:

1. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkannya dengan cepat.
2. Mengurangi gangguan kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
3. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap sistem yang lain yang tidak terganggu dalam sistem tersebut serta dapat

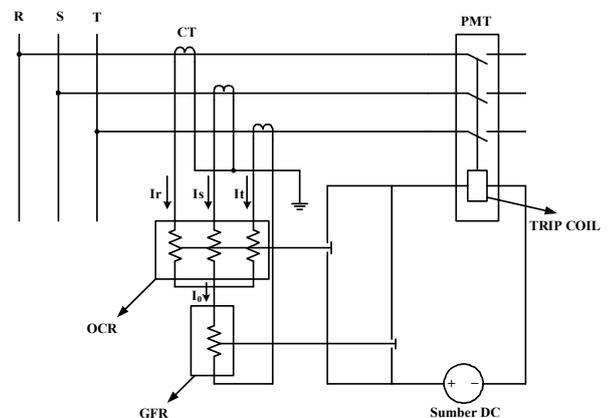
beroperasi normal dan juga untuk mencegah meluasnya gangguan.

Kriteria rele pengaman yang harus dipenuhi:

- Keandalan (*Reliability*)
- Sensitivitas (*Sensitivity*)
- Selektivitas (*Selectivity*)
- Kecepatan Kerja/Reaksi
- Ekonomis

### C. Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan tanah<sup>[2]</sup>

Rele arus lebih merupakan peralatan yang dapat merasakan adanya arus lebih yang disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat maupun adanya beban berlebih (*overload*) yang dapat merusak peralatan yang berada di wilayah proteksi. Sedangkan rele gangguan tanah akan mendeteksi bila terjadi hubung singkat ke tanah. Single line diagram rele tersebut seperti berikut



Gbr. 1 Rangkaian Pengawatan OCR dan GFR

### D. Perhitungan Arus Gangguan<sup>[1]</sup>

1. Hubung Singkat 3 Fasa

$$I_{hs\ 3ph} = \frac{V_{L-N}}{Z_1}$$

2. Hubung Singkat 2 Fasa

$$I_{hs\ 2ph} = \frac{V_{L-L}}{Z_1 + Z_2}$$

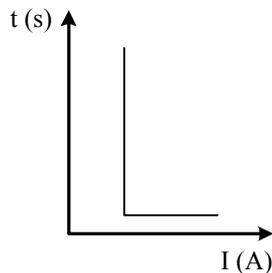
3. Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

$$I_{hs\ 1ph} = \frac{3V_{L-N}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

### E. Jenis-Jenis Rele Proteksi Arus Lebih<sup>[6]</sup>

#### 1. *Instantaneous* OCR (Rele Arus Lebih Waktu Kerja Seketika)

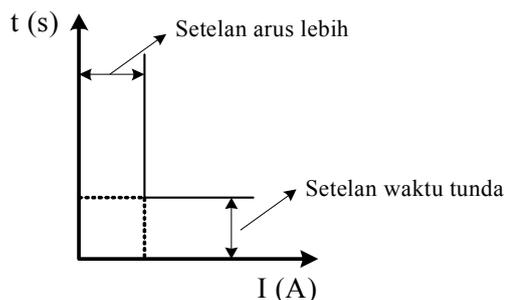
Rele ini akan bekerja dengan seketika tanpa adanya delay waktu jika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya. Karakteristiknya sebagai berikut



Gbr. 2 Rele Arus Lebih dengan Karakteristik Waktu Kerja Seketika

#### 2. *Definite Time* OCR (Rele Arus Lebih Waktu Kerja Tertentu)<sup>[6]</sup>

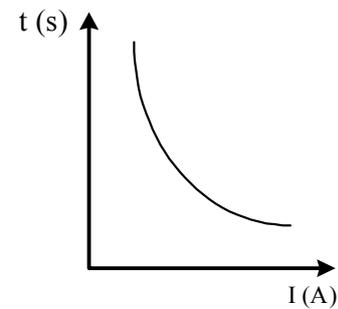
Rele ini bekerja dengan waktu tunda yang telah ditentukan. Jenis ini memungkinkan *setting* menjadi bervariasi untuk mengatasi besar arus gangguan yang berbeda dengan menggunakan waktu operasi berbeda



Gbr. 3 Rele Arus Lebih dengan Karakteristik Waktu Kerja Tertentu

#### 3. *Invers Time Relay* (Rele Arus Lebih Kerja Terbalik)<sup>[6]</sup>

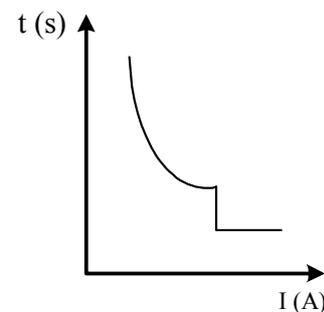
Cara kerja rele ini pada dasarnya adalah semakin besar arus gangguan maka semakin cepat waktu kerja dari rele tersebut. Keuntungan dari rele ini adalah untuk arus yang sangat tinggi, waktu untuk membuka (*trip*) menjadi sangat pendek didapatkan tanpa resiko terhadap selektivitas.



Gbr. 4 Rele Arus Lebih dengan Karakteristik Waktu Kerja Terbalik

#### 4. *Invers Definite Minimum Time* OCR (Relai Arus Lebih IDMT)<sup>[6]</sup>

Semakin besar arus gangguan yang terjadi maka akan semakin cepat rele bekerja. Tetapi pada saat tertentu yaitu pada saat mencapai waktu yang telah ditentukan maka kerja rele tidak lagi ditentukan oleh arus gangguan tetapi oleh waktu. Keuntungan menggunakan rele jenis ini adalah sebagai pengamanan banyak saluran.



Gbr. 5 Rele Arus Lebih IDMT

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini bertempat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung dan PT. PLN (Persero) Cabang Tanjung Karang

#### B. Langkah-Langkah Penelitian

##### 1. Studi Literatur

Langkah ini dimaksudkan untuk mempelajari buku-buku, jurnal dan artikel-artikel sebagai referensi yang berhubungan

dengan tema dalam penyusunan tugas akhir ini.

## 2. Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan di PT. PLN (Persero) Cabang Tanjung Karang sehingga didapatkan nilai-nilai yang diperlukan sebagai bahan analisa selanjutnya.

## 3. Perhitungan dan Analisa

Perhitungan ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai besaran yang diperlukan dalam *setting* peralatan proteksi yang kemudian akan dibandingkan dengan keadaan di lapangan.

### C. Metode Penyelesaian

#### 1. Impedansi Sumber

Impedansi di bus 150 kV diperoleh dengan persamaan:

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA_{Hubung\ singkat}}$$

konversikan impedansi sumber di bus 150 kV ke sisi 20 kV, dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_s(\text{sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{20^2}{150^2} \times X_s(\text{sisi } 150 \text{ kV})$$

#### 2. Impedansi Trafo

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

$X_t$  = Impedansi trafo tenaga ( $\Omega$ )

$kV^2$  = Tegangan sisi sekunder trafo (kV)

MVA = Kapasitas daya trafo tenaga (MVA)

#### 3. Impedansi Penyulang

Besarnya impedansi penyulang bergantung pada besar impedansi per km dari penyulang.

#### 4. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan ini menggunakan persamaan yang telah ada sebelumnya.

### D. Setting Proteksi Rele Arus Lebih

#### 1. Setting Rele Arus Lebih Karakteristik Kurva *Standar Invers Time* (SIT)

$$TMS = \frac{0.14 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0.02} - 1}$$

#### 2. Setting Rele Arus Lebih Karakteristik Kurva *Very Invers Time* (VIT)

$$TMS = \frac{13.5 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right) - 1}$$

#### 3. Setting Rele Arus Lebih Karakteristik Kurva *Extremely Invers Time* (EIT)

$$T = \frac{80 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^2 - 1}$$

#### 4. Setting Rele Arus Lebih Karakteristik Kurva *Long Time Earth Fault*

$$T = \frac{120 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right) - 1}$$

### E. Metode Koordinasi Rele Arus Lebih

#### 1. Sistem Tingkatan Waktu

Pada sistem ini rele yang berada paling jauh dari pembangkit memiliki waktu kerja yang paling singkat, dan waktu kerja tersebut akan semakin bertambah jika semakin dekat dengan pembangkit. Rele yang digunakan adalah rele dengan karakteristik seketika, sehingga bila terjadi gangguan rele akan langsung memberi sinyal ke PMT untuk membuka.

#### 2. Sistem Tingkatan Arus

Besar arus gangguan berbanding terbalik dengan posisi gangguan karena terdapat perbedaan besar impedansi sumber dan impedansi gangguan. Gangguan yang terjauh dari sumber memiliki impedansi terbesar dan arus gangguan terkecil. Sistem ini biasanya digunakan pada jaringan sistem yang memiliki perbedaan arus yang sangat besar.

#### 3. Sistem Tingkatan Arus dan Waktu

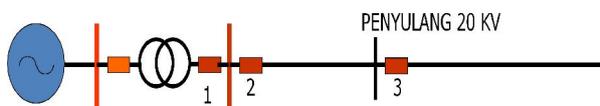
Pada sistem ini jenis rele yang biasa digunakan adalah rele dengan karakteristik

*Invers Devinite Minimum Time* (IDMT), dimana sangat memungkinkan bahwa untuk arus gangguan yang sangat besar dan rele dapat disetting pada waktu minimum sesuai dengan karakteristiknya.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Besar arus gangguan hubung singkat ini dihitung berdasarkan panjang penyulang yang diasumsikan gangguan terjadi pada 1%, 5%, 10%, 15%, 20% sampai 100% untuk setiap daerah dari panjang saluran seperti pada gambar



Gbr. 6 Konfigurasi Penyulang Topan

##### 1. Perhitungan Impedansi Sumber

MVA hubung singkat = Arus Hs P3B x  
(Tegangan Primer Trafo x  $\sqrt{3}$ )

$$= 12 \text{ kA} \times (150 \text{ kV} \times \sqrt{3})$$

$$= 3,117 \text{ MVA}$$

Impedansi Hubung Singkat (P3B) hanya memuat nilai  $jX$  saja, karena nilai  $R$  yang sangat kecil sehingga diabaikan,

$$Z_{sc} = V_{skndr}^2 / \text{MVA hubung singkat}$$

$$Z_{sc} = 20^2 / 3117$$

$$= 0,1283j$$

##### 2. Perhitungan Reaktansi Trafo

Reaktansi trafo daya yang digunakan adalah 12,64%. sehingga setelah dihitung, maka didapatkan nilai reaktansi sebagai berikut.

$$X_{t1} = j0,8427\Omega$$

$$X_{t2} = j0,8427\Omega$$

$$X_{t0} = j2,528\Omega$$

maka besar reaktansi urutan nol nya adalah 3 kali dari besar nilai  $X_t$

##### 3. Perhitungan Impedansi Saluran

Jenis penghantar yang digunakan pada penyulang Topan ini adalah A3C 150 mm<sup>2</sup> dengan panjang saluran  $\pm 20$  km.

Tabel 1. Data Penghantar Penyulang Topan

Urutan Impedansi	Data Per km		Panjang Saluran 20 km	
	R	jX		R
$Z_1=Z_2$	0,2162	0,3305	$Z_1=Z_2$	0,2162
$Z_0$	0,3631	1,618	$Z_0$	0,3631

##### 4. Perhitungan Arus Gangguan

Perhitungan besar arus gangguan ini menggunakan program bantu Matlab versi 7.8.0. sehingga didapatkan besar arus gangguan sebagai berikut.

Tabel 2. Besar Arus Hubung Singkat 3 Fasa

No.	% Panjang Saluran	Arus Hubung Singkat (A)
1	1%	11.892
2	25%	4.711
3	50%	2.881
4	75%	1.884
5	100%	1.323

Tabel 3. Besar Arus Hubung Singkat 2 Fasa

No.	% Panjang Saluran	Arus Hubung Singkat (A)
1	1%	10.299
2	25%	4.080
3	50%	2.495
4	75%	1.571
5	100%	1.115

Tabel 4. Besar Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

No.	% Panjang Saluran	Arus Hubung Singkat (A)
1	1%	288,4
2	25%	279,5
3	50%	269,8
4	75%	254,5
5	100%	239,1

##### B. Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah

Setting rele proteksi selalu dimulai dari rele yang terpasang paling hilir menuju ke hulu.

### 1. Setting rele arus lebih pada R3

Setting waktu rele paling ujung ditentukan sebesar 0,3 detik. Hal ini dimaksudkan agar rele tidak trip akibat adanya arus inrush dari trafo distribusi ketika PMT ditutup.

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

$$0,3 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{2881}{189}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,12$$

### 2. Setting rele arus lebih pada R2

Waktu kerja yang ditentukan adalah waktu kerja rele pada R3 + 0,3 detik = 0,3 + 0,3 = 0,6.

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

$$0,6 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{11892}{231}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,22$$

### 3. Setting rele arus lebih pada R1

Waktu yang ditentukan adalah waktu kerja R2 + 0,3 detik, yakni sebesar 0,6 + 0,3 = 0,9 detik.

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

$$0,9 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{11892}{1818,7}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,24$$

### 4. Setting Rele Gangguan Tanah Pada R3

Waktu kerja rele gangguan tanah ini ditentukan sebesar 0,3 detik, maka didapatkan:

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

$$0,3 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{269,8}{24}\right)^{0,02} - 1} \quad TMS = 0,11$$

### 5. Setting Rele Gangguan Tanah Pada R2

Waktu kerja rele gangguan tanah ini ditentukan sebesar 0,3 detik + Waktu kerja R1 = 0,3 + 0,3 = 0,6 detik

maka didapatkan:

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

$$0,6 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{269,8}{19}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,24$$

### 6. Setting Rele Gangguan Tanah Pada R1

Waktu kerja rele gangguan tanah ini ditentukan sebesar 0,3 detik + Waktu kerja rele R2 = 0,3 + 0,6 = 0,9 detik

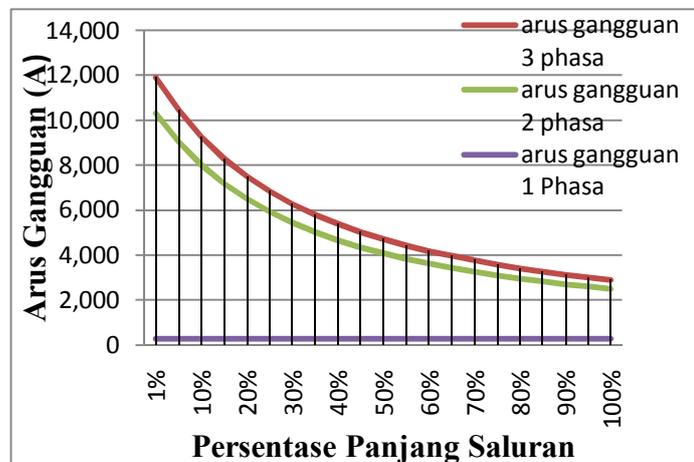
maka didapatkan:

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

$$0,9 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{288,4}{14}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,39$$

### C. Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat



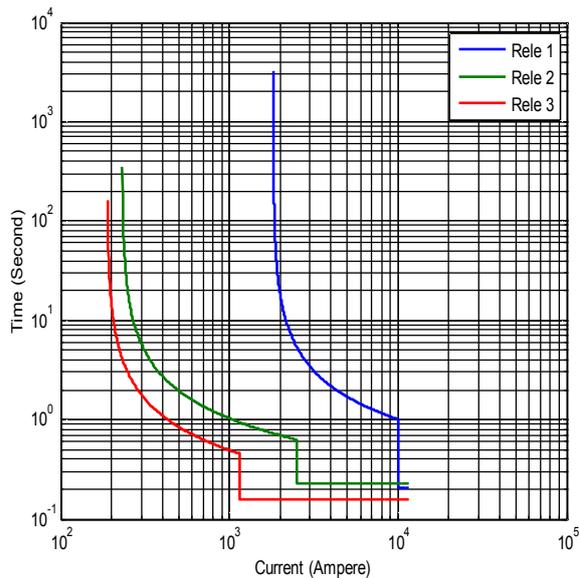
Gbr. 7 Grafik Hubungan Antara Besar Arus Hubung Singkat dengan Prosentase Panjang Saluran

Besar arus gangguan hubung singkat sangat bergantung dari panjang saluran. Semakin jauh titik gangguan dari sumber, maka arus gangguan akan semakin kecil

### D. Grafik Koordinasi Rele Arus Lebih

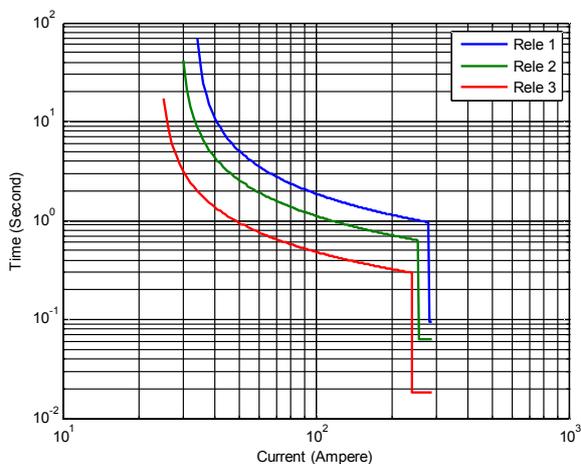
Ketika terjadi gangguan di ujung saluran, maka rele 3 yang akan mengirimkan sinyal ke pemutus tenaga untuk trip terlebih dahulu dan bila rele 3 gagal bekerja maka rele 2 lah yang akan bekerja mengirimkan sinyal ke pemutus

tenaga karena rele 2 merupakan back up dari rele 3 bila gagal bekerja. Hal tersebut dapat lihat pada grafik berikut.



Gbr. 8 Grafik Koordinasi Rele Arus Lebih

#### E. Grafik Koordinasi Rele Gangguan Tanah



Gbr. 9 Grafik Koordinasi Rele Gangguan Tanah

Arus gangguan tanah relatif kecil sehingga kurva tidak terlalu landai. Setiap rele saling mem-back up dan arus gangguan tanah ini harus segera dihilangkan karena pada kawat pentanahan tidak boleh ada arus yang mengalir.

#### F. Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Data di Lapangan

Perhitungan dan data yang ada di lapangan masih dapat dikategorikan dalam kondisi

baik. Terlihat dengan perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa peralatan proteksi yang terpasang masih dalam kondisi baik. Namun terdapat *setting* rele yang sudah tidak memenuhi standar, yaitu rele gangguan tanah yang terpasang pada bus B. Dimana nilai *setting* TMS rele pada bus B di lapangan didapatkan sebesar 0,5 sedangkan pada hasil perhitungan nilai TMS rele tersebut adalah sebesar 0,1. Sehingga bila terjadi gangguan pada bus B dikhawatirkan rele gangguan tanah pada bus *outgoing* yang akan membuka atau bahkan akan *trip* lebih dahulu karena selisih nilai TMS rele tersebut cukup besar. Hal ini akan mengakibatkan luas daerah pemadaman akan menjadi semakin luas bila terjadi gangguan di lokasi tersebut. Jadi rele gangguan tanah tersebut harus *disetting* kembali. Hasil perhitungan dan keadaan di lapangan masih dapat dikategorikan baik dengan hanya sedikit perbedaan nilai. Namun pada rele gangguan tanah yang terpasang pada bus B memerlukan *setting* ulang. Secara keseluruhan rele arus lebih dan rele gangguan tanah masih dalam kondisi baik.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Data di Lapangan

No	Jenis rele	Data hasil perhitungan	Data terpasang di lapangan
1	OCR	tms = 0,25	tms = 0,25
	<i>INCOMING</i>	rasio CT = 2000/5	rasio CT = 2000/5
2	OCR	tm = 0,22	tms = 0,2
	<i>OUTGOING</i>	rasio CT = 400/5	rasio CT = 400/5
3	OCR	tms = 0,12	tms = 0,1
	GH	rasio CT = 200/5	rasio CT = 200/5
4	GFR	tms = 0,39	tms = 0,4
	<i>INCOMING</i>	rasio CT = 2000/5	rasio CT = 2000/5
5	GFR	tms = 0,23	tms = 0,24
	<i>OUTGOING</i>	rasio CT = 400/5	rasio CT = 400/5
6	GFR	tms = 0,10	tms = 0,5
	GH	rasio CT = 200/5	rasio CT = 200/5

## V. SIMPULAN DAN SARAN

## REFERENSI

## A. Simpulan

1. Arus gangguan hubung singkat tiga fasa dari GI ke GH Bambu kuning terbesar adalah 11.892 A, dari GH Bambu Kuning sampai ujung saluran adalah 2.070 A. Sedangkan Untuk gangguan dua fasa berturut-turut adalah 10.299 A dan 3.099 A. Sementara pada gangguan satu fasa ke tanah besar arus gangguannya berturut-turut adalah 287,6 A dan 272,6 A.
2. Setting TMS Rele arus lebih pada bus 3 adalah sebesar 0,12, pada bus 2 sebesar 0,22 dan pada bus 1 sebesar 0,25. Sedangkan setting TMS untuk rele ganggua tanah pada bus 3 sebesar 0,10, pada bus 2 sebesar 0,2 dan pada bus 3 sebesar 0,3.
3. Berdasarkan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka setting peralatan yang terpasang dilapangan masih dapat dikategorikan baik dengan hanya sedikit selisih nilai setting yang didapatkan. Namun harus dilakukan setting ulang pada rele gangguan tanah pada bus 3 karena tidak sesuai denngan hasil perhitungan. Dimana pada perhitungan didapatkan nilai setting sebesar 0,10 sedangkan data di lapangan sebesar 0,5.

## B. Saran

Saran yang bisa penulis berikan pada tugas akhir ini antara lain:

1. Perlu adanya pengecekan secara berkala pada peralatan proteksi yang terpasang di saluran untuk menghindari kegagalan operasi pada sistem proteksi bila terjadi gangguan, mengingat pasokan tenaga listrik ke konsumen sangat penting sehingga daerah pemadaman tidak menjadi lebih luas.
2. Pemangkasan dahan pohon yang sekiranya dapat menyebabkan gangguan di sepanjang saluran.

- [1] Turan Gonen. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. Mc-Graw-Hill Interbational State of America
- [2] John J. Grainger. William D. Stevenson, Jr. 1994. *Power Sistem Analysis*. Mc-Graw-Hill International Editon Electrical Engineering Series. United States of America.
- [3] Hutaauruk, T.S. 1985. *Transmisi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- [4] Djiteng Marsudi. 1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai Penerbit dan Humas ISTN. Jakarta.
- [5] William D. Stevenson, Jr. 1993. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- [6] Priyono, Sugeng. 2009. *Koordinasi Sistem Proteksi Trafo 30 MVA Di Gardu Induk 150 kV Krapyak*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Jawa Tengah