

**ANALISA *SETTING* RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN  
TANAH PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK  
150 kV PATI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**SRI INDAH PUJA NINGSIH**

**D 400 150 105**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA *SETTING* RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN  
TANAH PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK  
150 kV PATI**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**SRI INDAH PUJA NINGSIH**

**D 400 150 105**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**UMAR, S.T. M.T**

**NIK. 731**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISA *SETTING* RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN  
TANAH PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK  
150 kV PATI**

**OLEH**

**SRI INDAH PUJA NINGSIH**

**D 400 150 105**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Kamis, 10 Januari 2019  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T, M.T

(Ketua Dewan Penguji)

2. Aris Budiman, S.T, M.T

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Agus Ulinuha, S.T, M.T, PhD

(Anggota II Dewan Penguji)



(.....)



(.....)



(.....)

Dekan,



Dr. Sri Sunarjono, M.T, Ph. D

NIK. 628

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

**Surakarta, 4 Januari 2019**

Penulis



**SRI INDAH PUJA NINGSIH**

**D 400 150 105**

# ANALISA *SETTING* RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK 150 kV PATI

## Abstrak

Sistem distribusi adalah bagian sistem tenaga listrik yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik ke konsumen. Terdapat banyak sekali gangguan yang terjadi pada sistem distribusi, sehingga sistem proteksi sangatlah diperlukan untuk melindungi dan mengamankan peralatan sistem tenaga listrik. Syarat yang diperlukan untuk meminimalisir gangguan tersebut adalah selektifitas, sensitifitas, keandalan dan kecepatan. Gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi adalah gangguan hubung singkat. Peralatan yang sering digunakan adalah relai proteksi gangguan tanah dan relai arus lebih. Relai arus lebih dan relai gangguan tanah bekerja ketika ada arus lebih yang dirasakan oleh relai karena gangguan hubung singkat maupun beban lebih (*overload*), dan kemudian menginstruksikan pemutus tenaga agar dapat membuka sesuai dengan karakteristik waktunya. Analisa yang dilakukan bertujuan untuk menghitung besar arus gangguan hubung singkat, kemudian menentukan *setting* relai proteksi serta membandingkannya dengan *setting* relai yang ada dilapangan. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai arus gangguan hubung singkat tiga fasa sebesar 13641 A dan nilai terkecil dari arus gangguan hubung singkat ke tanah sebesar 977 A. Hasil perbandingan data perhitungan dengan data terpasang pada gardu induk Pati mendekati sama atau tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi relai yang digunakan masih dalam kondisi baik atau bekerja sesuai dengan nilai *setting*.

**Kata kunci:** sistem proteksi, relai arus lebih, relai gangguan tanah, *setting* relai

## Abstract

Distribution system is a part of the electric power system used to distribute electrical energy to consumers. There are many disruption that occur in the distribution system, so that protection system is very needed to protect and securing electrical energy system equipment. Requirements that needed to minimize the disruption are selectivity, sensitivity, reliability, and velocity. The disruption that frequently occur in distribution networks are short circuit disruptions. The equipment that is often used is ground fault protection relays and overcurrent relays. Overcurrent relays and ground disturbances works when there are more flows perceived by the relay due to short circuit or overload interference and then instruct the power breaker to open it according to the time characteristics. The purpose of the analysis that used to calculate the flow of short circuit faults, then determine the protection relay settings and compare them to the relay settings in the field. Based on the results of calculations, the value of the short circuit fault three phase is obtained as big as 13641 A and the added value of the short circuit fault to the ground is equal to 977 A. The comparison results of calculation data with the data installed at the Pati substation are close to the same or not much different. This indicates that the relay conditions are still in good condition or working in accordance with the setting value.

**Keywords:** protection system, over current relay, ground fault relay, setting relay

## 1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik adalah sistem yang berfungsi untuk membangkitkan energi listrik kemudian ditransmisikan menuju gardu induk dan didistribusikan ke konsumen. Sistem penyaluran energi listrik tidak lepas dari berbagai gangguan, yang dapat merusak peralatan sistem tenaga listrik. Pendistribusian dan penyaluran sistem tenaga listrik tentunya harus memiliki sebuah sistem proteksi yang andal untuk mencegah dan melindungi peralatan listrik dari berbagai gangguan.

Gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat dibedakan menjadi dua yaitu gangguan simetris dan gangguan tidak simetris. Gangguan simetris yaitu berupa gangguan tiga fasa simetris, sedangkan gangguan tidak simetris meliputi gangguan ganda, gangguan ganda ke tanah dan gangguan satu fasa ke tanah (Gonen, 1986). Jika gangguan tidak diatasi, dapat menyebabkan rusaknya peralatan listrik dan koordinasi yang tidak tepat dapat menyebabkan waktu tunda yang lama (Kamal, 2014).

Sistem transmisi dan distribusi merupakan sistem yang besar dan rumit yang membutuhkan sejumlah besar relai proteksi bekerja satu sama lain untuk menjamin operasi yang aman dan dapat diandalkan secara keseluruhan (Sajad, 2015). Sistem proteksi yang digunakan untuk melindungi gangguan adalah relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR). Relai arus lebih memainkan peran penting dalam operasi perlindungan sistem distribusi tenaga listrik yaitu peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih yang melebihi *setting* (Tjahjono, 2015). Hal yang perlu diperhatikan dalam *setting* relai arus lebih adalah kecepatan, sensitifitas, reliabelitas dan selektifitas (Badekar, 2009).

Relai arus lebih (OCR) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja yang sama dengan relai gangguan tanah (GFR), namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Relai gangguan tanah digunakan untuk mendeteksi arus hubung singkat fasa ke tanah, sedangkan relai arus lebih mendeteksi adanya arus hubung singkat fasa ke fasa. Sebaiknya dalam pengaturan relai proteksi, arus gangguan tidak hanya dihitung pada titik gangguan saja, tetapi juga arus yang mengalir di setiap cabang jaringan sampai ke titik gangguan.

Berdasarkan uraian diatas penelitian dilakukan dengan mencari arus gangguan hubung singkat dengan *software Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) 12.6*, kemudian menghitung *setting* relai dan membandingkannya dengan *setting* di lapangan, yang berguna untuk mengurangi kerusakan maupun gangguan yang terjadi dalam transformator daya.

## 2. METODE

Langkah-langkah penelitian ini menggunakan beberapa metode, yaitu:

### 2.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah langkah awal mencari referensi mengenai jurnal, buku, artikel yang berkaitan dengan tema penelitian tugas akhir.

### 2.2 Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan di gardu induk 150 kV Pati dan PT. PLN (Persero) Rayon Pati meliputi data *single line* diagram, data transformator 1 60 MVA, data penyulang, serta data relai gangguan tanah dan relai arus lebih.

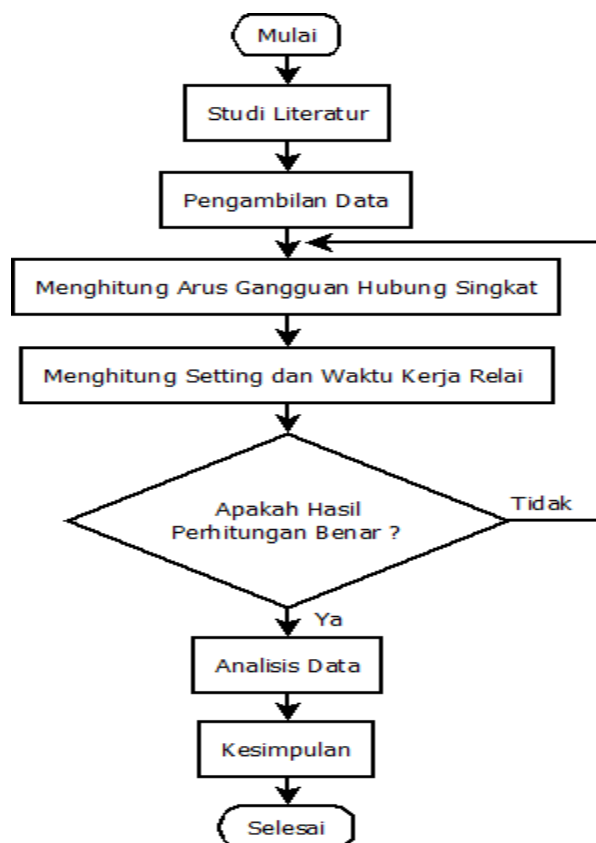
### 2.3 Perhitungan Data

Perhitungan dilakukan dengan tujuan pengolahan data untuk membandingkan nilai perhitungan dengan nilai yang ada di lapangan.

### 2.4 Analisa Data

Analisa data adalah proses menganalisis data yang diteliti, membandingkan data perhitungan secara manual dengan data yang ada di lapangan yang kemudian dianalisis dan diambil kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

### 2.5 Flowchart



Gambar 1. Flowchart Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Data Transformator Tenaga 60 MVA Gardu Induk Pati

Data Transformator Tenaga	
<i>Merk</i>	UNINDO
Kapasitas daya	60 MVA
Tegangan	150/20 kV
Arus hubung singkat	10392
Impedansi	12,12 %
Rasio CT	300/1
Arus nominal	1732,1
Vektor grup	YNyn0(d)

Tabel 2. Data Relai GFR dan OCR Trafo 60 MVA

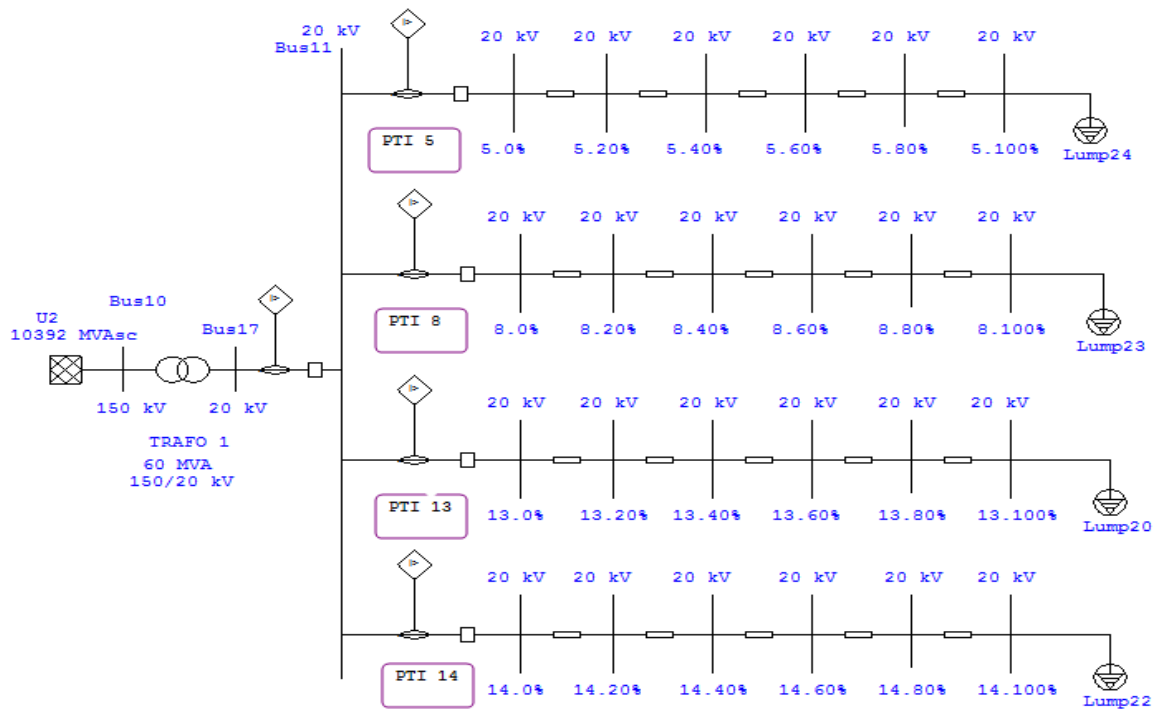
Data Relai	<i>Incoming</i>	<i>Outgoing</i>
<i>Merk</i>	Schneider	GE Alstom
<i>Type</i>	Micom P141	Micom P14NZ
Karakteristik	<i>Standard Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>
I nominal	5 A	5 A
Rasio CT	2000/5	600/5
TMS OCR	0,17	0,15
TMS GFR	0,43	0,3

Tabel 3. Data Penyulang

Data Penyulang	PTI 5	PTI 8	PTI 13	PTI 14
Jarak Penyulang	11,5 km	9,8 km	7,2 km	6 km
Jenis Kabel	AAAC 240 mm <sup>2</sup>			
Arus Beban Maksimum	480 A			



### 3.1 Simulasi Arus Gangguan Hubung Singkat



Gambar 2. *Single Line Diagram*

Simulasi arus gangguan menggunakan *software* ETAP 12.6 dihitung berdasarkan panjang penyulang yang diasumsikan pada 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari panjang penyulang. Jarak penyulang yang diasumsikan harus seimbang antara penyulang satu dengan penyulang lainnya (Wahyudi, 2012). Simulasi bertujuan untuk mengetahui arus gangguan meliputi gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa ke tanah pada penyulang PTI 5, PTI 8, PTI 13 dan PTI 14.

Tabel 4. Hasil *Report* Arus Gangguan pada Penyulang PTI 5

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.
5.0%	20.00	0.392	-13.635	13.641	0.076	-3.778	3.779	11.809	0.339	11.814
5.20%	20.00	1.490	-7.027	7.183	0.243	-2.397	2.409	6.086	1.290	6.221
5.40%	20.00	1.302	-4.659	4.838	0.244	-1.747	1.764	4.035	1.128	4.189
5.60%	20.00	1.093	-3.473	3.641	0.223	-1.373	1.391	3.008	0.946	3.153
5.80%	20.00	0.929	-2.766	2.918	0.200	-1.130	1.147	2.395	0.805	2.527
5.100%	20.00	0.805	-2.296	2.433	0.180	-0.960	0.977	1.989	0.697	2.107

Tabel 5. Hasil *Report* Arus Gangguan pada Penyulang PTI 8

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.
8.0%	20.00	0.392	-13.635	13.641	0.076	-3.778	3.779	11.809	0.339	11.814
8.20%	20.00	1.490	-7.589	7.734	0.237	-2.535	2.546	6.572	1.291	6.697
8.40%	20.00	1.370	-5.178	5.356	0.248	-1.900	1.916	4.485	1.186	4.639
8.60%	20.00	1.180	-3.916	4.090	0.233	-1.517	1.535	3.392	1.022	3.542
8.80%	20.00	1.020	-3.145	3.306	0.213	-1.262	1.280	2.723	0.884	2.863
8.100%	20.00	0.894	-2.626	2.774	0.194	-1.080	1.097	2.274	0.774	2.402

Tabel 6. Hasil *Report* Arus Gangguan pada Penyulang PTI 13

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.
13.0%	20.00	0.392	-13.635	13.641	0.076	-3.778	3.779	11.809	0.339	11.814
13.20%	20.00	1.446	-8.634	8.754	0.219	-2.780	2.789	7.477	1.252	7.581
13.40%	20.00	1.461	-6.235	6.404	0.249	-2.192	2.206	5.399	1.265	5.546
13.60%	20.00	1.330	-4.860	5.039	0.246	-1.807	1.824	4.209	1.152	4.364
13.80%	20.00	1.191	-3.976	4.150	0.234	-1.536	1.554	3.443	1.032	3.594
13.100%	20.00	1.069	-3.361	3.527	0.220	-1.335	1.353	2.911	0.926	3.055

Tabel 7. Hasil *Report* Arus Gangguan pada Penyulang PTI 14

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.
14.0%	20.00	0.392	-13.635	13.641	0.076	-3.778	3.779	11.809	0.339	11.814
14.20%	20.00	1.396	-9.214	9.319	0.207	-2.909	2.916	7.979	1.209	8.071
14.40%	20.00	1.487	-6.877	7.036	0.245	-2.359	2.371	5.956	1.288	6.095
14.60%	20.00	1.400	-5.464	5.641	0.250	-1.981	1.997	4.732	1.213	4.885
14.80%	20.00	1.283	-4.525	4.703	0.243	-1.707	1.724	3.919	1.111	4.073
14.100%	20.00	1.169	-3.858	4.032	0.232	-1.499	1.516	3.341	1.013	3.492

Berdasarkan hasil simulasi pada setiap penyulang, jarak lokasi gangguan juga berpengaruh dalam besar kecilnya arus gangguan. Nilai arus gangguan semakin kecil ketika jarak lokasi gangguannya semakin jauh.

### 3.2 Setting Relai Arus Lebih (OCR) dan Relai Gangguan Tanah (GFR)

Trafo arus disetiap penyulang mempunyai rasio 600/5 A, arus beban maksimum sebesar 480 A. Relai arus lebih dan relai gangguan tanah menggunakan karakteristik *standard inverse*.

Perhitungan *setting* relai pada penyulang PTI 5 adalah sebagai berikut, perhitungan ini juga berlaku untuk semua penyulang.

a. *Setting* relai arus lebih penyulang 20 kV

Relai *inverse* biasanya diset  $1,05 - 1,3 \times I$  beban. *Setting* relai juga harus diperhatikan, sisi penyulang harus bekerja lebih cepat daripada sisi *incoming*, lalu sisi *incoming* harus bekerja lebih cepat dari sisi 150 kV. Waktu kerja relai arus lebih di penyulang diambil selama 0,3 detik dan relai di *incoming* lebih lama 0,4 detik.

$$I_{\text{set (primer)}} = 1,05 \times I \text{ beban} \quad (1)$$

$$= 1,05 \times 480 = 504 \text{ A}$$

$$I_{\text{set (sekunder)}} = I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \quad (2)$$

$$= 504 \times \frac{5}{600}$$

$$= 4,2 \text{ A}$$

*Setting* Tms:

$$t = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1} \quad (3)$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{13641}{504}\right)^{0,02} - 1}$$

$$Tms = 0,14$$

b. *Setting* relai arus lebih *incoming* 20 kV

Setelan I nominal trafo 20 kV :

$$I_{n(20kV)} = \frac{\text{kVA}}{\text{kV} \times \sqrt{3}} \quad (4)$$

$$= \frac{60000}{20 \times \sqrt{3}}$$

$$= 1732,1 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,05 \times I_{\text{beban}} \quad (5)$$

$$= 1,05 \times 1732,1 = 1818,7 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \text{ A} \quad (6)$$

$$= 1818,7 \times \frac{5}{2000} \text{ A}$$

$$= 4,55 \text{ A}$$

Setting Tms:

$$t = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \quad (7)$$

$$0,7 = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{13641}{1818,7}\right)^{0,02} - 1}$$

$$Tms = 0,20$$

c. Setting relai gangguan tanah penyulang 20 kV

Arus primer yang digunakan dalam penyetelan arus gangguan tanah adalah arus gangguan hubung singkat 1 fase ke tanah yang terkecil, hal ini dilakukan untuk menampung tahanan busur api. Sisi penyulang di *setting* 0,5 detik dan sisi incoming di *setting* 1 detik.

$$\begin{aligned} I_{set} \text{ (primer)} &= 0,1 \times 977 \\ &= 97,7 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{set} \text{ (sekunder)} &= I_{set} \text{ (primer)} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 97,7 \times \frac{5}{600} \\ &= 0,81 \text{ A} \end{aligned} \quad (8)$$

Setting Tms :

$$t = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \quad (9)$$

$$0,5 = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{3779}{97,7}\right)^{0,02} - 1}$$

$$Tms = 0,27$$

d. Setting relai gangguan tanah pada *incoming* 20 kV

Setting arus gangguan tanah pada *incoming* 20 kV harus bekerja lebih sensitif, karena sebagai cadangan bagi relai di sisi penyulang 20 kV, maka diatur 8% x nilai arus gangguan tanah yang paling terkecil.

$$\begin{aligned} I_{set} \text{ (primer)} &= 0,08 \times 977 \\ &= 78,16 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{set} \text{ (sekunder)} &= I_{set} \text{ (primer)} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 78,16 \times \frac{5}{2000} \end{aligned} \quad (10)$$

$$= 0,19 \text{ A}$$

Setting Tms:

$$t = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \quad (11)$$

$$1 = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{3779}{78,16}\right)^{0,02} - 1}$$

$$Tms = 0,57$$

### 3.3 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai

Pemeriksaan waktu kerja relai digunakan untuk mengetahui baik dan buruknya kinerja relai tiap gangguan di penyulang. Perhitungan waktu kerja menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{0,14 \times Tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \quad (12)$$

- a. Pemeriksaan waktu kerja relai 3 fasa

Tabel 8. Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa

Jarak Penyulang	Penyulang PTI 5			Penyulang PTI 8		
	Penyulang (detik)	Incoming (detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	Incoming (detik)	Selisih Waktu
0 %	0,29	0,68	0,39	0,29	0,68	0,39
20 %	0,37	1	0,63	0,35	0,96	0,61
40 %	0,43	1,47	1,04	0,41	1,3	0,89
60 %	0,5	2,15	1,65	0,47	1,75	1,28
80 %	0,56	3,1	2,54	0,52	2,3	1,78
100 %	0,67	5,6	4,93	0,58	3,5	2,92

Tabel 9. Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa

Jarak Penyulang	Penyulang PTI 13			Penyulang PTI 14		
	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu
0 %	0,29	0,68	0,39	0,29	0,68	0,39
20 %	0,34	0,90	0,56	0,33	0,84	0,51
40 %	0,38	1,12	0,74	0,37	1,03	0,66
60 %	0,42	1,4	0,98	0,40	1,27	0,87
80 %	0,46	1,75	1,29	0,44	1,47	1,03
100 %	0,51	2,15	1,64	0,47	1,75	1,28

## b. Pemeriksaan waktu kerja relai 2 fasa

Tabel 10. Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa

Jarak Penyulang	Penyulang PTI 5			Penyulang PTI 8		
	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu
0 %	0,30	0,73	0,43	0,30	0,73	0,43
20 %	0,39	1,16	0,77	0,37	1,07	0,7
40 %	0,46	1,75	1,29	0,44	1,55	1,11
60 %	0,54	2,54	2	0,51	2,15	1,64
80 %	0,62	4,6	3,98	0,57	3,11	2,54
100 %	0,68	9,5	8,82	0,64	5,6	4,96

Tabel 11. Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa

Jarak Penyulang	Penyulang PTI 13			Penyulang PTI 14		
	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu
0 %	0,30	0,73	0,43	0,30	0,73	0,43
20 %	0,36	1	0,64	0,35	0,93	0,58
40 %	0,40	1,27	0,87	0,39	1,16	0,77
60 %	0,45	1,64	1,19	0,43	1,47	1,04
80 %	0,5	2,15	1,65	0,47	1,75	1,28
100 %	0,55	2,8	2,25	0,51	2,15	1,64

c. Pemeriksaan waktu kerja relai 1 fasa ke tanah

Tabel 12. Waktu Kerja Relai Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Penyulang PTI 5				Penyulang PTI 8		
Jarak Penyulang	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu
0 %	0,53	1	0,47	0,54	1	0,46
20 %	0,60	1,14	0,54	0,62	1,15	0,53
40 %	0,67	1,25	0,58	0,68	1,26	0,58
60 %	0,74	1,35	0,61	0,74	1,37	0,63
80 %	0,8	1,45	0,65	0,8	1,45	0,65
100 %	0,85	1,56	0,71	0,85	1,56	0,71

Tabel 13. Waktu Kerja Relai Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Penyulang PTI 13				Penyulang PTI 14		
Jarak Penyulang	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	<i>Incoming</i> (detik)	Selisih Waktu
0 %	0,5	0,98	0,48	0,48	0,98	0,5
20 %	0,53	1,07	0,54	0,53	1,07	0,54
40 %	0,57	1,16	0,59	0,57	1,14	0,57
60 %	0,62	1,24	0,62	0,61	1,22	0,61
80 %	0,66	1,33	0,67	0,65	1,29	1,98
100 %	0,70	1,41	0,71	0,68	1,37	0,69

Berdasarkan tabel diatas, waktu kerja relai di penyulang 20 kV jauh lebih cepat dibandingkan waktu kerja relai di *incoming* 20 kV. Selain itu, jarak penyulang juga berpengaruh terhadap besar kecilnya selisih waktu. Selisih waktu kerja relai semakin besar ketika jarak lokasinya semakin jauh.

### 3.4 Perbandingan *Setting* Relai GFR dan OCR Perhitungan dengan Data di Lapangan

Tabel 14. Perbandingan *Setting* Relai GFR dan OCR

No	Relai	Data Perhitungan	Data di Lapangan	
1.	OCR (Penyulang)	PTI 5	TMS = 0,14 Ratio CT = 600/5 A	TMS = 0,15 Ratio CT = 600/5 A
		PTI 8	TMS = 0,14 Ratio CT = 600/5 A	TMS = 0,15 Ratio CT = 600/5 A
		PTI 13	TMS = 0,14 Ratio CT = 600/5 A	TMS = 0,15 Ratio CT = 600/5 A
		PTI 14	TMS = 0,14 Ratio CT = 600/5 A	TMS = 0,15 Ratio CT = 600/5 A
2.	OCR ( <i>Incoming</i> )	PTI 5	TMS = 0,20 Ratio CT = 2000/5 A	TMS = 0,17 Ratio CT = 2000/5 A
		PTI 8	TMS = 0,20 Ratio CT = 2000/5 A	TMS = 0,17 Ratio CT = 2000/5 A
		PTI 13	TMS = 0,20 Ratio CT = 2000/5 A	TMS = 0,17 Ratio CT = 2000/5 A
		PTI 14	TMS = 0,20 Ratio CT = 2000/5 A	TMS = 0,17 Ratio CT = 2000/5 A
3.	GFR (Penyulang)	PTI 5	TMS = 0,27 Ratio CT = 600/5 A	TMS = 0,3 Ratio CT = 600/5 A
		PTI 8	TMS = 0,26 Ratio CT = 600/5 A	TMS = 0,3 Ratio CT = 600/5 A
		PTI 13	TMS = 0,24 Ratio CT = 600/5 A	TMS = 0,3 Ratio CT = 600/5 A
		PTI 14	TMS = 0,23 Ratio CT = 600/5 A	TMS = 0,3 Ratio CT = 600/5 A
4.	GFR ( <i>Incoming</i> )	PTI 5	TMS = 0,57 Ratio CT = 2000/5 A	TMS = 0,43 Ratio CT = 2000/5 A
		PTI 8	TMS = 0,55 Ratio CT = 2000/5 A	TMS = 0,43 Ratio CT = 2000/5 A
		PTI 13	TMS = 0,52 Ratio CT = 2000/5 A	TMS = 0,43 Ratio CT = 2000/5 A
		PTI 14	TMS = 0,50 Ratio CT = 2000/5 A	TMS = 0,43 Ratio CT = 2000/5 A



#### 4. PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Arus gangguan hubung singkat tertinggi adalah arus gangguan tiga fasa yaitu 13641 A dan arus gangguan hubung singkat terkecil adalah arus gangguan satu fasa ke tanah pada penyulang PTI 5 yaitu 977 A.
2. Jarak lokasi gangguan mempengaruhi besar kecilnya arus gangguan hubung singkat, nilai arus gangguan semakin kecil ketika jarak lokasi gangguannya semakin jauh.
3. Selisih waktu kerja relai sisi *incoming* dari waktu kerja relai sisi penyulang 20 kV disebut *grading time*, relai di penyulang harus bekerja jauh lebih cepat dari relai *incoming*.
4. Relai yang digunakan di semua penyulang masih dalam kondisi baik, karena nilai yang didapat dalam perhitungan dengan data yang di lapangan tidak jauh berbeda.

#### PERSANTUNAN

Penulisan tugas akhir ini, tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah- Nya
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan nasehat, semangat dan do'a.
3. Yoyok Subandiyo, Tri Purwanti, Eka Puji Lestari dan Purwanto selaku saudara yang selalu memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Umar, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing dan ketua jurusan Teknik Elektro yang sudah memberi ilmu dan saran terkait dengan tugas akhir.
5. Semua Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro yang sudah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Bapak Feby dan Bapak Eko selaku supervisor Gardu Induk Pati dan supervisor teknik PT PLN (Persero) Rayon Pati yang telah memberikan izin dan informasi data.
7. Mbak Yuni, Agnes, Nisa, Dewi, Mbak Nindy, Dian, Era, Sadam, Sufi, Yusuf, dan Bolgha, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya, karena sudah memberikan semangat, motivasi bahkan bantuan selama dalam mengerjakan tugas akhir.
8. Semua teman-teman Teknik Elektro angkatan 2015 yang telah memberikan semangat dan dukungannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa di GI Cawang*. Depok : Universitas Indonesia.
- A. Kamal, S. Sankar, and R. Soundarapandian. 2014. *Optimal Over Current Relay Coordination of a Real Time Distribution System with Embedded Renewable Generation*. India: Indian Journal of Science and Technology.
- A. Tjahjono, A. Priyadi, M.H. Alfa, K.F. Purnomo, M. Pujiantara. 2015. *Optimum Coordination of Overcurrent Relays in Radial System with Distributed Generation Using Modified Firefly Algorithm*.
- Badekar, P P., et al. 2009. *Optimum Time Coordination of Overcurrent Reles in Distribution System Using Big-M (Penalty) Method*. Visvesvaraya National Institute of Technology Nagpur (Maharashtra).
- Gonen, Turan. 1986. *Electrical Power Distribution System Engineering*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Janah, Rofi'ul. 2018. *Analisa Perhitungan Dan Pengaturan Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Trafo Iii 60MVA 150/20 kV Di Gardu Induk 150kV Palur*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sajad Samadinasab, Farhad Namdari, Nader Shojaei, Mohammad Bakhshipou. 2015. *Optimal Coordination of Overcurrent and Distance Relays Using Hybrid Differential Evolutionary and Genetic algorithms (DE-GA)*. Iran: International Electrical Engineering Journal (IEEJ)
- Wahyudi. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok : Garamond.
- William D. Stevenson, JR., 1984. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Ke Empat, Erlangga, Jakarta