

# ANALISA SETING RELAY OCR DAN DGR PADA SISTEM PROTEKSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20KV PLN UP3 SURABAYA UTARA

**Mahda Fiqia Tsani**

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031) 5931800, Faks. (031) 5927817

*E-mail : [mfiqi92@gmail.com](mailto:mfiqi92@gmail.com)*

## ABSTRAK

Saat penyaluran energi listrik mulai dari pembangkit hingga ke konsumen selalu ada gangguan yang tidak dapat dihindari, tetapi hal ini dapat di siasati dengan koordinasi proteksi yang handal. Sistem proteksi bertujuan agar saat terjadi hubung singkat tidak mempengaruhi keseluruhan sistem. Jaringan listrik yang baik harus memiliki sistem proteksi yang baik salah satunya adalah *over current relay* (OCR) dan *directional ground relay* (DGR) yang di gunakan sebagai komponen proteksi pada jaringan listrik, relay ini bekerja ketika ada arus berlebih atau hubung singkat. Penelitian ini membahas mengenai setting OCR dan DGR pada penyulang Kertopaten PLN UP3 Surabaya Utara Hasil perhitungan arus hubung singkat pada penyulang Kertopaten pada jarak 11,13 Km sebesar 11911,7 A. Nilai OCR pada sisi penyulang adalah Iprimer = 242,48 A, Isekunder = 3,03 A, Tms = 0,14. Nilai setting DGR sisi penyulang adalah Iprimer = 169,1 A, Isekunder = 2,1 A, Tms = 0,1. Nilai OCR sisi Incoming adalah Iprimer = 1818,7 A, Isekunder = 0,90 A, Tms = 0,3. Nilai setting DGR sisi Incoming adalah Iprimer = 135,28 A, Isekunder = 0,067 A, Tms = 0,13. Mengacu dari hasil perhitungan maka OCR dan DGR pada penyulang Kertopaten masih dalam kondisi baik karna tidak terlalu jauh dari data dilapangan.

**Kata kunci** : Proteksi, Gangguan Hubung Singkat, Relay Arus Lebih, Setting Relay

## ABSTRACT

When the distribution of electricity from the plant to the consumer there are always unavoidable disruptions, but this can be investigated with a reliable protection system. The protection system aims so that when a short circuit does not affect the whole system. A good power grid must also have a good protection system, one of which is over current relay (OCR) and Directional Ground relay (DGR) which is used as a protection component on the power grid, this relay works when there is an overcurrent or short circuit. This study discussed about the setting of OCR and DGR in the refiner Kertopaten PLN UP3 North Surabaya The result of calculation of short circuit current in kertopaten refiners at a distance of 11.13 Km of 11911.7 A. OCR value on the side of the refiner is Iprimer = 242.48 A, Isekunder = 3.03 A, Tms = 0.14. The setting value of the crosser side DGR is Iprimer = 169.1 A, Isekunder = 2.1 A, Tms = 0.1.

The OCR value of the Incoming side is  $I_{primer} = 1818.7$  A,  $I_{sekunder} = 0.90$  A,  $T_{ms} = 0.3$ . The incoming side DGR setting value is  $I_{primer} = 135.28$  A,  $I_{sekunder} = 0.067$  A,  $T_{ms} = 0.13$ . Referring to the calculation result, OCR and DGR in Kertopaten refineries are still in good condition because it is not too far from the data in the field.

**Keywords :** Protection, Short Circuit Interference, Over Current Relay, Relay Setting

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan penggunaan listrik dimasyarakat berdampak dalam perkembangan pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, melalui gardu induk distribusi terdapat alat-alat penunjang seperti transformator, relay proteksi, PMT, dll[1]. Pada transformator terdapat peralatan untuk memproteksi jika terjadi arus hubung singkat yang sering terjadi di transformator. Maka dari itu penulis melakukan penelitian sistem proteksi berupa cara melakukan setting untuk pengamanan transformator distribusi agar meminimalisir terjadinya gangguan listrik.[2]

Transformator adalah komponen penting yang ada di gardu induk. Komponen ini memiliki sistem proteksi, yaitu *over current relay* (OCR) dan *directional ground relay* (DGR) koordinasi proteksi ini berfungsi untuk melindungi komponen dari kerusakan yang di timbulkan saat terjadi gangguan hubung singkat atau arus lebih.

Komponen utama pada koordinasi sistem proteksi yang digunakan pada saluran distribusi adalah *over current relay* (OCR) dan *directional ground relay* (DGR). Maka perlu ada suatu koordinasi antara komponen penunjang proteksi tersebut pada recloser penyulang.[2] Ini bertujuan jika salah satu busbar mengalami gangguan akan mengakibatkan ada nya

ketidakseimbangan yang dirasakan oleh sistem yang dapat mengakibatkan kontinuitas aliran daya terganggu. Sistem proteksi handal dapat mengantisipasi gangguan secepat mungkin dan meminimalisir kerusakan akibat gangguan hubung singkat dan arus lebih.

### 1.2 RUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang sering terjadi pada GI adalah gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi 20KV yaitu hubung singkat antara fasa atau gangguan hubung singkat fasa ke tanah, jika proteksi kurang baik akan mengakibatkan gangguan lebih meluas. Dengan ini di adakan simulasi menggunakan ETAP agar memudahkan mensimulasikan setting relay sebagai proteksi pada transformator distribusi.

1. Berapa setting Relay OCR dan DGR untuk proteksi transformator 20KV?
2. Berapa TMS Relay proteksi saat terjadi gangguan hubung singkat di incoming dan penyulang?

### 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Menganalisa *over current relay* (OCR) dan *directional ground relay* (DGR) pada penyulang Kertopaten.
2. Menentukan setting pada relay proteksi trafo 20KV.

## 1.4 BATASAN MASALAH

1. Membuat simulasi cara kerja sistem proteksi.
2. Menganalisa gangguan pada sistem proteksi sebelum terjadi gangguan.
3. Melakukan metode penelitian secara kuantitatif.
4. Melakukan perbandingan fungsi OCR dan DGR

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 TRANSFORMATOR

Transformator adalah komponen penting pada GI. Komponen ini memiliki sistem proteksi yaitu *over current relay* (OCR) dan *directional ground relay* (DGR). Koordinasi proteksi ini berfungsi untuk melindungi komponen pada trafo saat terjadi arus gangguan hubung singkat. Cara kerja relay ini adalah mendeteksi saat ada arus berlebih pada jaringan 20KV dan langsung memberi perintah pada PMT atau circuit breaker (CB) untuk trip agar meminimalisir kerusakan pada trafo. Hasil analisa pada sistem proteksi OCR dan DGR menjadi proteksi utama saat ada gangguan dari luar trafo dan menjadi cadangan saat gangguan dari internal trafo. Pada trafo terdapat 2 kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Kumparan primer berfungsi menerima daya atau disebut kumparan input dan kumparan sekunder merupakan kumparan yang melepas daya atau kumparan output. Keduanya dililitkan pada inti yang terbuat dari material magnetik berlaminasi. Sederhananya trafo terbagi 3 bagian yaitu lilitan utama/primer, sekunder, dan inti besi.

### 2.2 RELAY PROTEKSI

Relay proteksi merupakan komponen atau susunan peralatan yang di rancang untuk merasakan atau mengukur adanya gangguan listrik dan

otomatis memberi perintah PMT untuk trip dan memisah komponen dari sistem proteksi yang terganggu lalu memberikan tanda berupa lampu atau alarm. Relay proteksi dapat merasakan adanya gangguan pada komponen yang di amankan dengan mengukur banding seting yang di terimanya, misalnya arus, tegangan, daya, frekuensi, sudut fasa, impedansi, dan sebagainya. Dengan besaran seting yang sudah ditentukan relay kemudian mengambil keputusan untuk seketika atau memperlambat waktu membuka PMT.

Fungsi relay :

1. Merasakan bagian yang di proteksi saat terjadi gangguan serta memisahkan secepatnya agar tidak mengganggu sistem lain yang sedang beroperasi normal.
2. Mengurangi kemungkinan kerusakan pada alat.
3. Memperkecil bahaya bagi manusia.

### 2.3 OVER CURRENT RELAY (OCR)

OCR merupakan relay yang bekerja saat adanya kenaikan arus yang melebihi seting yang di tentukan dalam waktu tertentu, relay ini dipakai sebagai pola arus lebih. OCR memiliki fungsi memproteksi komponen listrik salah satunya adalah trafo yang biasa terjadi gangguan arus hubung singkat.[5]

### 2.4 DIRRECTIONAL GROUND RELAY (DGR)

Gangguan pada fasa ke tanah tergantung pada seting yang digunakan. Gangguan tanah bukan karena hubung singkat dari tahanan gangguan, mengakibatkan arus gangguan mengecil dan tidak terdeteksi OCR. maka dari itu dibutuhkan relai pengaman gangguan tanah. Relay hubung tanah atau DGR memiliki prinsip kerja mirip dengan

OCR tetapi ada perbedaan pada fungsinya. Jika OCR mendeteksi hubung singkat antara fasa maka DGR mendeteksi hubung singkat yang terjadi pada tanah.

## 2.5 RUMUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

Gangguan hubung singkat 3 fasa :

$$I_{3ph} = \frac{V}{Z_1 \sqrt{3}}$$

I = Arus

V = Tegangan Sumber

$Z_1$  = Impedansi Positif

Gangguan hubung singkat 2 fasa :

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

I = Arus

V = Tegangan Sumber

$Z_1$  = Impedansi Positif

$Z_2$  = Impedansi Negatif

Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah :

$$I_{1ph} = \frac{3 \cdot \frac{V}{\sqrt{3}}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

I = Arus

V = Tegangan Sumber

$Z_1$  = Impedansi Positif

$Z_2$  = Impedansi Negatif

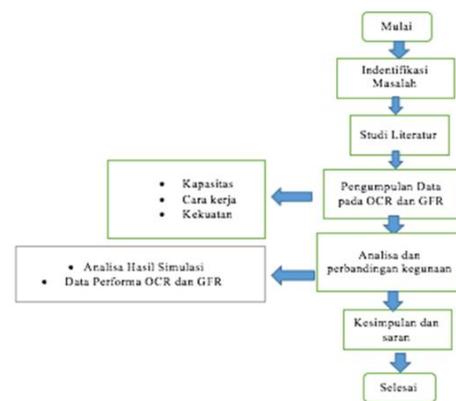
$Z_0$  = Impedansi Nol

## 3. METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 JENIS PENELITIAN

Dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode penelitian dengan pendekatan kuantitatif. Metode kuantitatif ini merupakan bentuk penelitian dimana datanya berupa angka-angka berdasarkan pengukuran dalam dan hasil dari pengukuran diselesaikan secara matematis.

### 3.2 FLOWCHART



### 3.3 LOKASI PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan di PT. PLN (PERSERO) UP3 Surabaya Utara kemudian didapat nilai-nilai yang diperlukan untuk bahan analisa. Perhitungan ini memiliki tujuan mengetahui nilai untuk koordinasi seting relay proteksi lalu dibandingkan dengan data di lapangan.

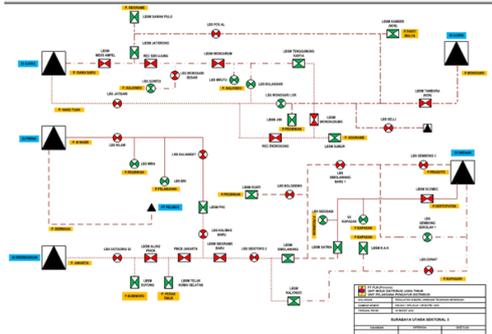
## 4. HASIL PENELITIAN

### 4.1 SISTEM KELISTRIKAN PADA UP3 SURABAYA UTARA

Gardu Induk Undaan memiliki sistem isolated yang memiliki 4 buah pembangkit dengan kapasitas masing-masing 600kW, kemudian disokong 2 buah trafo step-up 400/20kV dengan kapasitas masing-masing 2000kVA. Pada GI Undaan memiliki empat penyulang aktif yang siap menyalurkan listrik ke pelanggan yaitu Kapasari, Kertopaten, Pegirian, dan Pragoto, dimana penyulang-penyulang

tersebut melayani beban rumah saja.

#### 4.2 SINGLE LINE UP3 SURABAYA UTARA



#### 4.3 IMPEDANSI TRAF0

Adapun penelitian di UP3 Surabaya Utara mempunyai dua jenis trafo dengan tegangan kerja 150/20 kV, trafo berkapasitas 60 MVA. Karena pada satu trafo terdapat 2 penyulang, maka diperlukan seting koordinasi proteksi relay agar dapat melindungi komponen-komponen listrik dari arus hubung singkat maupun beban lebih.[4]

Data trafo yang di perlukan untuk analisa proteksi :

- Merk = SINTRA
- Daya = 60 MVA
- Tegangan = 150/20 kV
- Impedansi (%) = 12,15%
- Tegangan Primer = 150 kV
- Tegangan Sekunder = 20 kV
- Ratio CT = 2000/5
- Arus Nominal Trafo = 1443,4
- Ground Resistor = 14 Ohm

Data gangguan pada Bus primer 150KV GI Undaan sebesar 60MVA, berikut impedansi sumber (Xs) [5] :

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_s = \frac{150^2}{60} = 375 \text{ ohm (Sisi Primer)}$$

Primer)

Menghitung impedansi sumber sisi sekunder 20kV maka

$$X_{s(sisi\ 20kV)} = \frac{kV(sisi\ sekunder\ trafo)^2}{kV(sisi\ Primer\ trafo)^2} \times X_s(sisi\ Primer)$$

Xs (sisi Primer)

$$X_{s(sisi\ 20kV)} = \frac{20^2}{150^2} \times 375 = 6,7 \text{ ohm (sisi sekunder)}$$

Panjang Penyulang (%)	Impedansi Penyulang Z1 & Z2
25	2,78 + j2,6 Ω/km
50	5,56 + j5,2 Ω/km
75	8,34 + j7,8 Ω/km
100	11,13 + j10,4 Ω/km

Panjang Penyulang (%)	Impedansi Urutan Nol
25	2,78 + j22,9 Ω/km
50	5,56 + j45,8 Ω/km
75	8,34 + j68,7 Ω/km
100	11,13 + j91,8 Ω/km

#### 4.4 IMPEDANSI EKIVALEN

Menghitung impedansi ekivalen dengan persamaan  $Z_{1\ eki}$  dan  $Z_{2\ eki}$  dan langsung di hitung dengan titik terjadinya gangguan dengan menjumlahkan

$$Z_{s1} + Z_{t1} + Z_{1\ penyulang}$$

$$\begin{aligned} Z_{1\ eki} = Z_{2\ eki} &= Z_{s1} + Z_{t1} + Z_{1\ Penyulang} \\ &= j6,7 + j0,81 + Z_{1\ Penyulang} \\ &= j7,51 + Z_{1\ Penyulang} \end{aligned}$$

Panjang Penyulang (%)	Impedansi $Z_{1\text{ eki}} & Z_{2\text{ eki}}$
25	$(2,78 + j10,11) \Omega$
50	$(5,56 + j12,71) \Omega$
75	$(8,34 + j15,31) \Omega$
100	$(11,13 + j17,91) \Omega$

$Z_0$  dihitung dari trafo yang ke tanah, tahanan netral nilai  $3R_N$  dan impedansi penyulang dapat di hitung untuk  $Z_{0\text{ eki}}$  :

$$Z_0 \text{ Penyulang} = \% \text{ Panjang} \times Z_0 \text{ total}$$

$$Z_{0\text{ eki}} = Z_{t0} + 3R_N + Z_0 \text{ Penyulang}$$

$$= j8,1 + 3 \times 40 + Z_0 \text{ Penyulang}$$

$$Z_{0\text{ eki}} = j8,1 + 120 + Z_0 \text{ Penyulang}$$

Panjang penyulang (%)	Impedansi $Z_{0\text{ eki}}$
25	$(122,78 + j31) \Omega$
50	$(125,56 + j53,9) \Omega$
75	$(128,34 + j76,8) \Omega$
100	$(131,13 + j99,9) \Omega$

#### 4.5 GANGGUAN ARUS HUBUNG SINGKAT

Gangguan 1 Fasa ke tanah dapat di hitung dengan persamaan berikut :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

$$V = 3 \times \text{tegangan fasa netral}$$

$$Z = \text{Impedansi } (Z_1 + Z_2 + Z_0)_{\text{ekivalen}}$$

Jadi hitungan gangguan 1 fasa ke tanah pada titik gangguan 25% sebagai berikut :

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2,78 + j10,11) + (2,78 + j10,11) + (122,78 + j31)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{(5,56 + j20,22) + (122,78 + j31)}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{128,34^2 + 51,22^2}} = 2506,9 \text{ A}$$

Panjang Penyulang (%)	Arus Gangguan
25	2506,9A
50	2192,1A
75	1919,4A
100	1691,3A

Gangguan fasa ke fasa :

Perhitungan arus gangguan fasa ke fasa dengan titik gangguan 25% Sebagai berikut :

$$I = \frac{20000}{(2,78 + j10,11) + (2,78 + j10,11)}$$

$$I = \frac{20000}{(5,56 + j20,22)}$$

$$I = \frac{20000}{\sqrt{5,56^2 + 20,22^2}} = 9537,4 \text{ A}$$

Gangguan 3 fasa :

Perhitungan ini dimulai melalui titik gangguan 25% sebagai berikut :

$$I = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{(2,78 + j10,11)} = \frac{11547}{\sqrt{2,78^2 + 10,11^2}}$$

$$I = 11018,1 \text{ A}$$

Panjang Penyulang (%)	Jarak (KM)	Arus Hubung Singkat		
		1Fasa Ke Tanah	2Fasa	3Fasa
25	2,78	2506,9A	9537,4 A	11018,1A
50	5,56	2192,1A	7209,8A	8325,1A
75	8,34	1919,4A	5730A	6624,7A
100	11,13	1691,3A	4742,7A	5477,7A

#### 4.6 MENGHITUNG SETTING TMS OCR DAN DGR

Untuk menghitung setelan *over current relay* (OCR) pada penyulang di hitung berdasarkan besar arus beban maksimum. Untuk relay invers bisa di set sebesar 1,05 s.d 1,1 x  $I_{max}$ . syarat lain yang dibutuhkan untuk setelan minimum dari OCR pada penyulang tidak lebih dari 0,3 detik.

Diatur supaya relay tidak trip kembali dikarenakan inrush dari transformator yang sudah tersambung pada jaringan distribusi, saat PMT penyulang dimasukan.

untuk menghitung arus beban trafo sebagai berikut :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Dimana :

S = Daya Kompleks 3 fasa (VA)

V = Tegangan (volt)

#### 4.6.1 SETTING OCR (*Over Current Relay*)

##### A. Setting Arus

$$\begin{aligned} I(\text{primer}) &= 1,05 \times I_{\text{beban}} \\ &= 1,05 \times 1732,1 \text{ A} \\ &= 1818,7 \text{ A} \end{aligned}$$

setting arus sekunder :

$$\begin{aligned} I(\text{sekunder}) &= I(\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \text{ A} \\ &= 1818,7 \times \frac{1}{2000} \text{ A} \\ &= 0,90 \text{ A} \end{aligned}$$

##### B. Setelan TMS

Untuk menghitung TMS (*Time Multipler Setting*) incoming 20kV sebagai berikut : waktu incoming 1 detik maka didapat

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14 \times \text{tms}}{\left(\frac{\text{fault}}{\text{set}}\right)^{0,02-1}} \\ 1 &= \frac{0,14 \times \text{tms}}{\left(\frac{11018}{1818,7}\right)^{0,02-1}} \\ \text{TMS} &= 0,3 \end{aligned}$$

#### 4.6.2 SETTING DGR (*Directional Ground Relay*)

##### A. Setelan Arus

Setting arus gangguan tanah harus sangat sensitif,

karena berfungsi untuk cadangan proteksi dari pada penyulang, maka diatur 8% x besar arus gangguan tanah terkecil.

$$\begin{aligned} I(\text{primer}) &= 0,08 \times 1691 \\ &= 135,28 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I(\text{sekunder}) &= I(\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\ &= 135,28 \times \frac{1}{2000} \\ &= 0,067 \text{ A} \end{aligned}$$

##### B. Setelan TMS

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14 \times \text{tms}}{\left(\frac{\text{fault}}{\text{set}}\right)^{0,02-1}} \\ 1 &= \frac{0,14 \times \text{tms}}{\left(\frac{2506}{135,28}\right)^{0,02-1}} \end{aligned}$$

$$\text{TMS} = 0,13$$

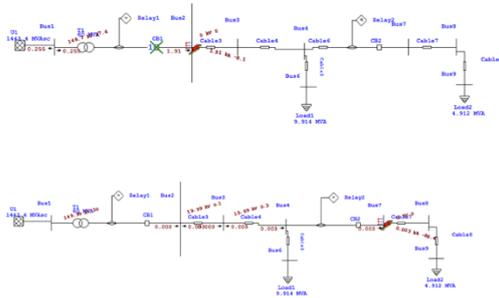
#### 4.7 PERBANDINGAN DATA HASIL PERHITUNGAN

No	Jenis Relay	Data Hasil Perhitungan	Data Penelitian
1	OCR (Incoming)	TMS = 0,3 CT = 2000/1A	TMS = 0,3 CT = 2000/1A
2	OCR (Penyulang)	TMS = 0,14 CT = 400/5A	TMS = 0,15 CT = 400/5A
3	DGR (Incoming)	TMS = 0,13 CT = 2000/1A	TMS = 0,2 CT = 2000/1A
4	DGR (Penyulang)	TMS = 0,1 CT = 400/5A	TMS = 0,1 CT = 400/5A

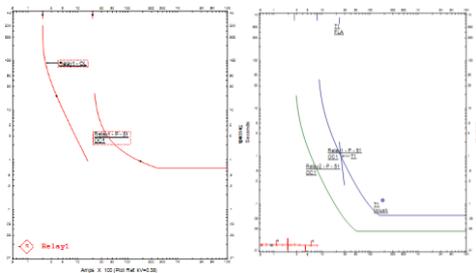
#### 4.8 HASIL SETELAN OCR DAN DGR

No.	Setelan	Incoming		Penyulang	
		OCR	DGR	OCR	DGR
1	I (Primer)	1818,7 A	135,28 A	242,48 A	169,1 A
2	TMS	0,3 detik	0,13 detik	0,14 detik	0,1 detik

## 4.9 SIMULASI GANGGUAN PADA ETAP



Pada Gambar simulasi yang di buat menggunakan software ETAP menggunakan fungsi short circuit analisis, ketika arus gangguan hubung singkat sekitar 25% dan 75% panjang penyulang maka relay pada sisi incoming merespon dan memerintahkan circuit breaker untuk mengeksekusi arus gangguan tersebut. Simulasi ini dapat mengetahui besarnya arus gangguan hubung singkat pada sistem. Jika gangguan sudah hilang maka relay akan segera reset atau kembali ke posisi awal. Hal ini dilakukan agar relay dapat bekerja secara normal kembali jika gangguan sudah diatasi.



Grafik gangguan arus hubung singkat saat OCR dan DGR bekerja pada gangguan 25% panjang penyulang dan 75% panjang penyulang.

## 5. PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan perhitungan, maka dapat di Tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan yang di peroleh dari arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah pada titik gangguan

terjauh sebesar 1691,3A. untuk gangguan arus hubung singkat 2 fasa pada titik gangguan terjauh sebesar 4742,7A., dan gangguan arus hubung singkat 3 fasa pada titik gangguan terjauh sebesar 5477,7A.

2. Pengambilan nilai untuk seting relay OCR dan DGR berdasarkan waktu atau TMS (Time Multiplier Setting) dengan hasil relay OCR pada incoming adalah 0,3 detik dengan ratio ct 2000/1A menghasilkan I(primer) sebesar 1818,7A, dan hasil pada DGR incoming sebesar 0,13 detik dengan ratio ct 2000/1A menghasilkan I(primer) 135,28 A.
3. Dengan adanya koordinasi relay proteksi menggunakan standart dari PLN dapat membuat rencana penambahan beban pada trafo dan dapat menganalisa gangguan pada trafo.

## 5.2 SARAN

1. Perhitungan seting relay dapat dianalisa dengan lebih baik lagi menggunakan software atau progam dan dapat di simulasikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Adhiaksa Analisis Pemakaian Dan Upaya Untuk Pencapaian Efisiensi Energi *et al.*, “Analisis Pemakaian Dan Upaya Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Listrik Di Universitas Listrik Di Universitas Muhammmadiyah Sidoarjo,” vol. I, 2019.
- [2] Adi Syah Putra, “ANALISIS SETTING PROTEKSI OCR DAN GFR DI PENYULANG SRL-01 SRONDOL MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6.0,” p. 283, 2015.
- [3] Y. Rondonuwu *et al.*, “Analisa Setting Relai Arus Lebih Jaringan Transmisi 150kV Pada Sistem Minahasa,” *J. Tek.*

- Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 103–112, 2018.
- [4] N. Rupawanti BR, “Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Trafo Distribusi 20 KV (Studi Kasus PT. PLN PERSERO Unit Lamongan),” *J. Elektro*, vol. 4, no. 1, p. 238, 2019, doi: 10.30736/je.v4i1.307.
- [5] I. Safitri, P. Studi, T. Elektro, F. T. Industri, U. Islam, and S. Agung, “Analisa koordinasi setting over current relay (OCR) outgoing 20kv dan Recloser pada Trafo II 60 MVA feeder RBG 01 di Gardu Induk 150kv Rembang,” p. 145, 2020.
- [6] C. Rizky and P. Emtdc, “Analisis Proteksi Relay Differensial Terhadap Gangguan Internal dan Ekternal Transformator Menggunakan PSCAD/EMTDC,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 9, no. 3, pp. 101–107, 2011, doi: 10.17529/jre.v9i3.158.