

**ANALISIS SISTEM PENGAMANAN PENYULANG PADA
TRANSFORMATOR
DAYA DI GARDU INDUK 150 kV MRICA**



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

Oleh:

HANIF IRHAM HERU

D400150132

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS SISTEM PENGAMANAN PENYULANG PADA TRANSFORMATOR
DAYA DI GARDU INDUK 150 kV MRICA**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

HANIF IRHAM HERU

D400150132

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, S.T., M.T
NIK 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS SISTEM PENGAMANAN PENYULANG PADA TRANSFORMATOR
DAYA DI GARDU INDUK 150 kV MRICA**

OLEH

HANIF IRHAM HERU

D400150132

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 13 Agustus 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, ST. MT

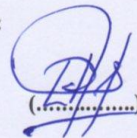
(Ketua Dewan Penguji)

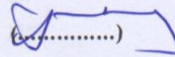
2. Ir. Jatmiko, MT

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Tindyo Prasetyo, ST. MT

(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)


(.....)


(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT, 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, 13 Agustus 2019

Penulis



HANIF IRHAM HERU

D400150132

ANALISIS SISTEM PENGAMANAN PENYULANG PADA TRANSFORMATOR DAYA DI GARDU INDUK 150 kV MRICA

Abstrak

Sistem tenaga listrik merupakan sebuah bagian dari sistem distribusi yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik dari pembangkit hingga konsumen. Pada sistem pendistribusian listrik tidak terlepas dari dari sebuah gangguan. Hal tersebut yang membuat PT. PLN mengalami kerugian dalam bentuk materi. Salah satu gangguan yang sering terjadi ialah *short circuit*. Sehingga dibutuhkan sebuah sistem proteksi yang dapat mengamankan dan melindungi sistem distribusi tenaga listrik. Selektifitas, sensitifitas, keandalan dan kecepatan merupakan syarat yang dibutuhkan untuk meminimalisir gangguan tersebut. Sistem proteksi yang digunakan ialah relai proteksi arus lebih dan relai proteksi gangguan tanah. Relai tersebut bekerja jika ada arus lebih pada relai akibat gangguan hubung singkat ataupun beban lebih, yang kemudian akan menginstruksikan pemutus tenaga agar dapat membuka sesuai dengan karakteristiknya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perhitungan besar arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada setiap penyulang. Kemudian dilakukan simulasi pada *software* ETAP 12.6 dengan membuat *single line diagram* dan melakukan simulasi. Hasil simulasi dilakukan pada setiap penyulang. Kemudian dilakukan perbandingan antara hasil simulasi dengan data yang terdapat di lapangan. Berdasarkan hasil simulasi terdapat arus gangguan hubung singkat yang paling besar yaitu 13987 A pada gangguan hubung singkat tiga fasa, dan nilai gangguan terkecil yaitu sebesar 874 A pada arus gangguan hubung singkat ke tanah. Dari hasil keseluruhan data perhitungan dan data lapangan tidak jauh berbeda. Hal ini dapat menunjukkan bahwa relai pada setiap penyulang masih bekerja dengan baik dan sesuai dengan settingnya.

Kata Kunci: sistem proteksi, ETAP 12.6, gangguan hubung singkat, relai arus lebih

Abstract

The electric power system is a part of the distribution system used to transmit electrical energy from the plant to the consumer. The electric distribution system is not separated from interference. That is what makes PT. PLN suffered a loss in material form. One of the most frequent disturbances is the short circuit. So we need a protection system that can secure and protect the electricity distribution system. Selectivity, sensitivity, reliability and speed are necessary requirements to minimize the interference. The protection system used is the overcurrent relay and the ground fault relay. The relay works if there is

an overcurrent in the relay due to short circuit interruptions or overload, which would then instruct the power breaker to be able to open according to its characteristics. The study aims to perform large calculations of short-circuiting currents that occur on any repression. Then done simulation on ETAP 12.6 software by creating a single line diagram and doing simulation. Simulated results are performed on each reconnection. Then a comparison between simulated results with data contained in the field. Based on the results of the simulation, there is the greatest short-circuiting current of 13987 A in the threephase short circuit fault. And the smallest disturbance value is equal to 874 A in the short circuit to the ground. From the overall result of the calculation data and field data is not much different. This can indicate that the relay on each feeder is still working well and according to the setting.

Keywords: protection system, ETAP 12.6, short-circuit, more current relays

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan dasar bagi manusia saat ini, baik yang tinggal didesa maupun diperkotaan. Seiring berjalanya waktu energi listrik memiliki peranan yang begitu penting bagi kemajuan dibidang industri. Tidak hanya itu, sejalan dengan program pemerintah PT PLN (persero) selaku penyedia jasa tenaga listrik mulai melakukan pemerataan penyaluran listrik di Indonesia dengan menambah pasokan daya sebesar 68 sampai 70 MW di tahun 2019. Dengan program ini energi listrik akan tersalurkan hingga wilayah pelosok Indonesia. Didalam penyediaan energi listrik tidak terlepas dari berbagai macam gangguan, yang dapaat merusak peralatan sistem tenaga listrik. Untuk itu dibutuhkan saluran distribusi tenaga listrik yang andal dari berbagai macam gangguan.

Beberapa hal yang menyebabkan terjadinya gangguan diantaranya faktor lingkungan terlebih lagi untuk sistem tenaga listrik yang terbuka. Gangguan – gangguan ini anatara lain hubung singkat antar fasa dan fasa-tanah. Jika gangguan tidak segera diatasi akan mengakibatkan gangguan kerja relai serta koordinasi yang tidak tepat atau relai memiliki waktu tunda yang cukup lama (Kamal,2014). Oleh karena itu dibutuhkan sistem peralatan proteksi yang baik dan andal. Sistem proteksi yang digunakan pada pembangkit dan gardu induk adalah Overcurrent Relay (OCR) dan Ground Fault Relay(GFR). Pada dasarnya prinsip kerja relai arus lebih dan relai

gangguan tanah tidak berbeda jauh, namun memiliki beberapa perbedaan dalam kegunaannya. Sesuai dengan namanya relai gangguan tanah digunakan untuk mendeteksi arus hubung singkat fasa ke tanah, tak berbeda jauh relai arus lebih berguna untuk mendeteksi arus hubung singkat fasa ke fasa. Badekar (2009) berpendapat bahwa ada hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan *setting* relai arus lebih yaitu meliputi kecepatan, sensitivitas, reliabilitas dan selektifitas. Selain relai tersebut, terdapat juga *Current Transformator* (CT) dan *Potential Transformator* (PT) untuk trafo arus yaitu fungsinya untuk menurunkan arus yang besar ke arus yang kecil atau memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik. Berbeda dengan trafo tegangan yaitu berfungsi mengubah besar tegangan listrik ke tegangan yang lebih rendah atau kecil. Dalam melakukan penyetelan relai proteksi, sebaiknya tidak hanya dilakukan pada titik gangguannya saja, namun juga arus yang mengalir pada setiap cabang jaringan sampai ke titik gangguan.

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan diatas dapat dirumuskan permasalahan bagaimana mencari arus gangguan menggunakan aplikasi *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP) 12.6, kemudian menghitung dan menganalisis *setting* koordinasi relai sehingga sistem proteksi trafo dapat bekerja dengan baik.

2. METODE

Langkah-langkah penelitian yang berkaitan dengan sistem proteksi dari berbagai sumber. Waktu yang dibutuhkan dalam pengumpulan data parameter dilakukan selama dua bulan dan penelitian tersebut dilakukan di PT PLN (PERSERO) Gardu Induk Mrica 150 kV dan PT PLN (PERSERO) Area Kabupaten Banjarnegara. Berikut tahapan penyusunan penelitian meliputi

2.1 Studi Literatur

Mempelajari materi yang berkaitan penelitian dengan mencari referensi baik melalui jurnal ilmiah, artikel dan buku yang digunakan sebagai acuan penulis dalam melakukan penelitian naskah publikasi

2.2 Pengambilan Data

Dilakukan pada Gardu Induk 150 kV dan PT PLN (Persero) Area Banjarnegara dengan melakukan observasi lapangan selama 1 minggu, data yang diperoleh

berupa *single line* diagram, data transformator 1 60 MVA, data penyulang, data relai gangguan tanah dan relai arus lebih.

2.3 Perhitungan Data

Tujuannya untuk mendapatkan nilai yang dibutuhkan pada setting relai untuk membandingkan dengan nilai yang ada dilapangan.

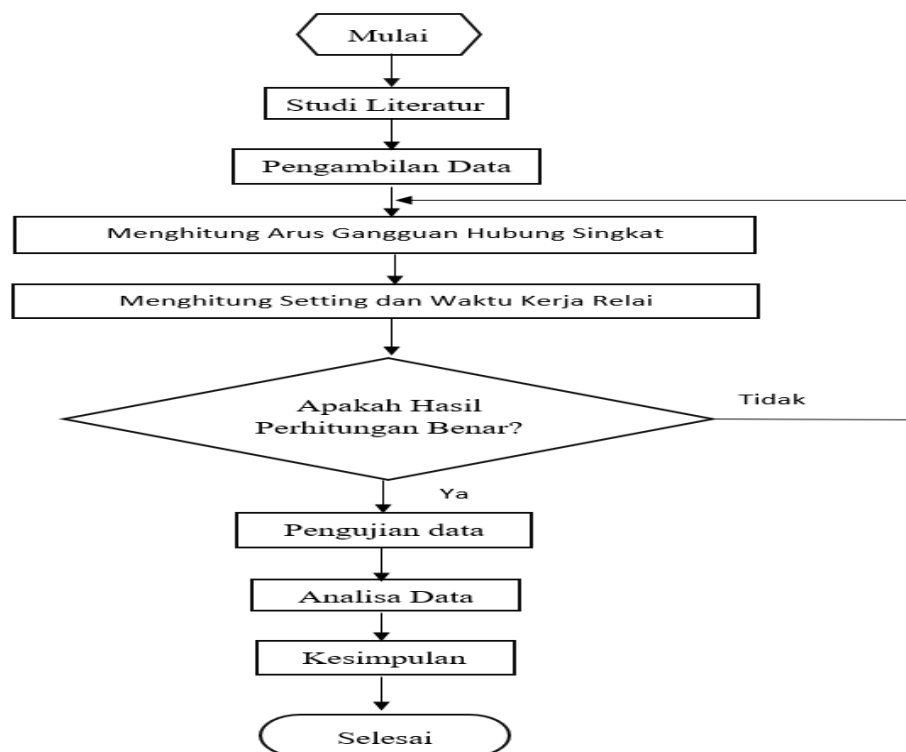
2.4 Pengujian

Pengujian setelah mendapatkan data *setting* relai lalu disimulasikan pada ETAP 12.6

2.5 Analisa Hasil

Analisa hasil adalah proses menganalisa data yang telah diteliti kemudian dibandingkan dengan data yang ada dilapangan untuk diambil kesimpulan dari penelitian yang dilakukan

2.6 Flowchart



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Teknik Transformator Daya 1-60 MVA Gardu Induk Mrica

Data Transformator Daya	
Merk	CG PAUWELS
Kapasitas Daya	60 MVA
Tegangan	150/20 kV
Impedansi	12,062 %
Ratio CT	300/1
Arus Nominal	1732
Vektor Grup	YNyn0(d)

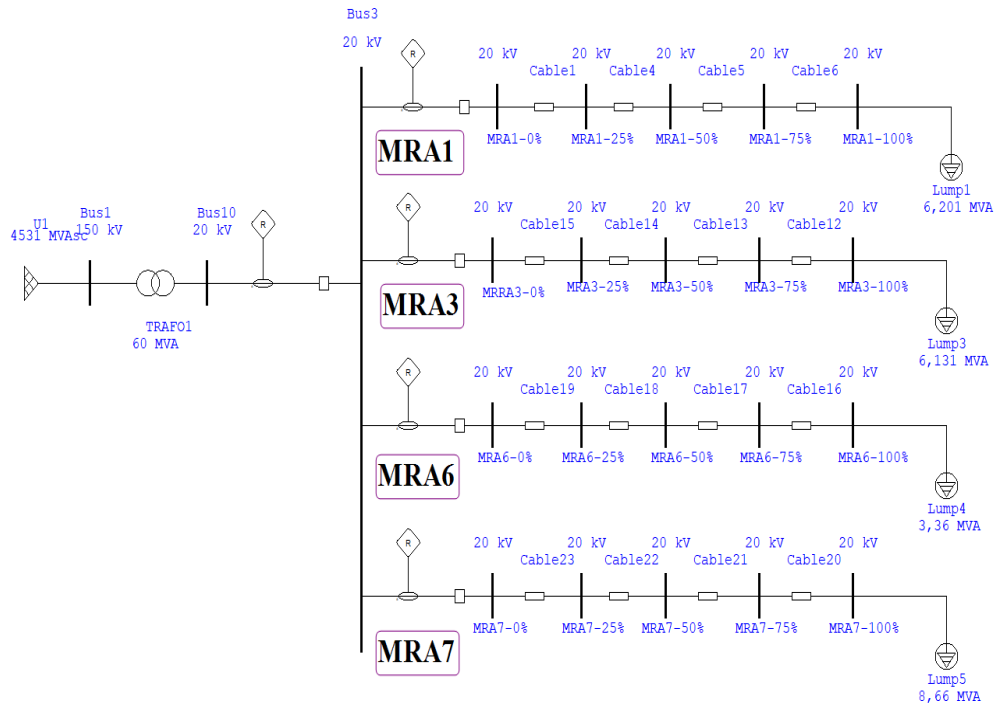
Tabel 2. Data Relai Trafo 60 MVA

Data Relai	Incoming	Penyulang
Merk	Micom	Areva
Type	P122	P127
Karakteristik	<i>Standard Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>
I nominal	5 A	5 A
Ratio CT	2000/5	800/5
TMS OCR	0,24	0,15
TMS GFR	0,35	0,15

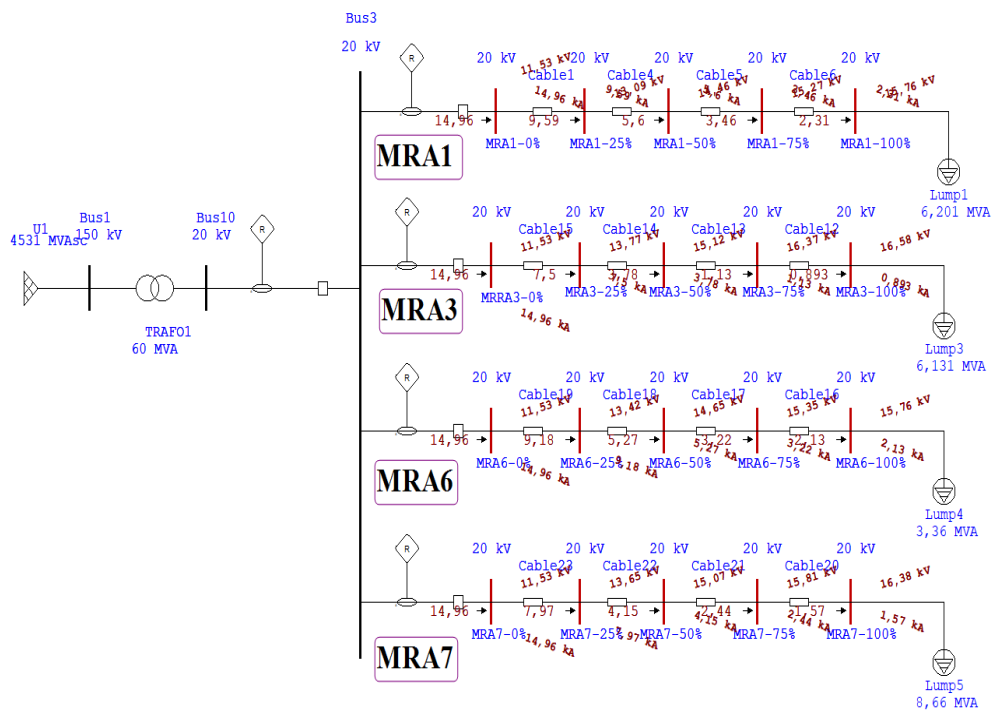
Tabel 3. Data Penyulang

Data Penyulang	MRA 1	MRA 3	MRA 6	MRA 7
Jarak Penyulang	2,311 Km	4,099 Km	2,418 Km	3,615 Km
Jenis Kabel	AAAC 240 mm ²			
Arus Beban Maksimum	480			

3.1 Rangkaian Menggunakan ETAP 12.6



Gambar 2. Rangkaian Tanpa Terjadi Gangguan



Gambar 3. Simulasi Saat Terjadi Gangguan.

Menurut hasil simulasi gangguan diatas dengan menggunakan *software* ETAP 12.6 dengan metode *short circuit analysis* dihitung berdasarkan panjang penyulang dengan asumsi pada 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dari panjang penyulang. Simulasi digunakan untuk mengetahui arus gangguan meliputi gangguan 1 fasa ketanah, 2 fasa dan 3 fasa pada penyulang MRA 1, MRA 3, MRA 6, MRA 7.

Tabel 4. Hasil Report Manager Seluruh Penyulang.

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault		
ID	kV	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.
MRA1-0%	20.00	2.753	-14.732	14.987	2.781	-14.699	14.959	12.758	2.384	12.979
MRA1-25%	20.00	2.711	-11.861	12.167	1.947	-9.388	9.588	10.272	2.348	10.537
MRA1-50%	20.00	2.359	-8.573	8.892	1.199	-5.467	5.597	7.424	2.043	7.700
MRA1-75%	20.00	1.878	-6.134	6.415	0.755	-3.380	3.463	5.313	1.626	5.556
MRA1-100%	20.00	1.454	-4.543	4.770	0.502	-2.255	2.310	3.935	1.259	4.131
MRA3-25%	20.00	2.598	-10.267	10.590	1.577	-7.328	7.496	8.891	2.250	9.172
MRA3-50%	20.00	1.989	-6.467	6.766	0.831	-3.685	3.777	5.600	1.722	5.859
MRA3-75%	20.00	0.857	-2.599	2.736	0.241	-1.107	1.133	2.251	0.742	2.370
MRA3-100%	20.00	0.695	-2.210	2.316	0.185	-0.874	0.893	1.914	0.602	2.006
MRA6-0%	20.00	2.753	-14.732	14.987	2.781	-14.699	14.959	12.758	2.384	12.979
MRA6-25%	20.00	3.763	-10.920	11.550	2.370	-8.870	9.181	9.457	3.259	10.003
MRA6-50%	20.00	2.812	-7.768	8.261	1.301	-5.104	5.267	6.727	2.435	7.154
MRA6-75%	20.00	2.036	-5.472	5.839	0.773	-3.129	3.223	4.739	1.763	5.057
MRA6-100%	20.00	1.489	-3.978	4.247	0.499	-2.072	2.132	3.445	1.289	3.678
MRA7-0%	20.00	2.753	-14.732	14.987	2.781	-14.699	14.959	12.758	2.384	12.979
MRA7-25%	20.00	2.645	-10.736	11.057	1.659	-7.793	7.968	9.297	2.291	9.575
MRA7-50%	20.00	2.108	-7.072	7.380	0.902	-4.049	4.148	6.125	1.826	6.391
MRA7-75%	20.00	1.560	-4.850	5.094	0.530	-2.382	2.440	4.200	1.351	4.412
MRA7-100%	20.00	1.415	-3.264	3.557	0.380	-1.528	1.574	2.826	1.226	3.081
MRRA3-0%	20.00	2.753	-14.732	14.987	2.781	-14.699	14.959	12.758	2.384	12.979

Berdasarkan hasil report manager pada seluruh penyulang diatas, jarak lokasi gangguan memberikan pengaruh yang besar terhadap besar kecilnya arus gangguan. Semakin jauh jarak gangguan maka nilai arus gangguan juga akan semakin kecil.

3.2 Setting Nilai Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah

Trafo arus pada setiap penyulang mempunyai ratio 800/5, dengan arus beban maksimum 480 A. Pada relai arus lebih dan relai gangguan tanah menggunakan karakteristik *standard inverse*. Perhitungan *setiing* relai pada penyulang MRA 1 adalah sebagai berikut, perhitungan ini berlaku untuk semua penyulang yang ada.

a. *Setting* nilai relai arus lebih penyulang 20 kV

Pada relai *inverse* bisa diset menggunakan $1,05 - 1,3 I$ beban. *Setting* relai yang harus diperhatikan adalah pada sisi penyulang harus bekerja lebih cepat daripada sisi *incoming*, lalu pada sisi *incoming* harus bekerja lebih cepat dari sisi 150 kV. Waktu kerja pada sisi penyulang diambil selama 0,3 detik dan relai di *incomung* diambil selama 0,7 detik.

$$\begin{aligned} I_{\text{set (primer)}} &= 1,05 \times I \text{ beban} \\ &= 1,05 \times 480 \text{ A} \\ &= 504 \text{ A} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set (sekunder)}} &= I_{\text{set (primer)}} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \\ &= 504 \times \frac{5}{800} \\ &= 4,2 \text{ A} \end{aligned} \quad (2)$$

Setting TMS :

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

$$0,3 = \frac{0,14 \text{ Tms}}{\left(\frac{14987}{504}\right)^{0,02} - 1}$$

$$\text{Tms} = 0,15$$

b. *Setting* nilai relai arus lebih pada sisi *incoming* 20 kV

Setelan I nominal trafo 20 kV :

$$\begin{aligned} I_{n(20\text{kV})} &= \frac{\text{MVA}}{\sqrt{3} \cdot \text{kV}} \\ &= \frac{60000}{20\sqrt{3}} \\ &= 1732,1 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
I_{\text{set(primer)}} &= 1,05 \times I \text{ beban} \\
&= 1,05 \times 1732,1 \\
&= 1818,7 \text{ A}
\end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
I_{\text{set(sekunder)}} &= I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{ratio CT}} \\
&= 1818,7 \times \frac{5}{2000} \\
&= 4,55 \text{ A}
\end{aligned} \tag{6}$$

Setting Tms :

$$\begin{aligned}
t &= \frac{0,14 \text{ Tms}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02}-1} \\
0,7 &= \frac{0,14 \text{ Tms}}{\left(\frac{14982}{1818,7}\right)^{0,02}-1}
\end{aligned} \tag{7}$$

$$Tms = 0,22$$

c. *Setting* nilai relai gangguan tanah pada penyulang 20 kV

Pada sisi penyulang arus primer yang digunakan dalam penyetelan arus gangguan tanah adalah arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah yang terkecil, hal tersebut dilakukan untuk menampung tahanan busur api. Pada sisi penyulang di *setting* 0,5 detik dan sisi incoming di *setting* 0,7 detik.

$$\begin{aligned}
I_{\text{set(primer)}} &= 0,1 \times 2310 \\
&= 231 \text{ A}
\end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
I_{\text{set(sekunder)}} &= I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{ratio CT}} \\
&= 231 \times \frac{5}{800} \\
&= 2,14 \text{ A}
\end{aligned} \tag{9}$$

Setting Tms :

$$\begin{aligned}
t &= \frac{0,14 \text{ Tms}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02}-1} \\
0,3 &= \frac{0,14 \text{ Tms}}{\left(\frac{14959}{231}\right)^{0,02}-1}
\end{aligned} \tag{10}$$

$$Tms = 0,18$$

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

Pada *Setting* arus gangguan tanah sisi *incoming* 20 kV harus bekerja lebih sensitif, karena menjadi pengganti bagi relai pada sisi penyulang 20 kV, maka diatur 8% x nilai arus gangguan paling kecil.

$$\begin{aligned} I_{\text{set(primer)}} &= 0,08 \times 2310 \\ &= 184,8 \text{ A} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set(sekunder)}} &= I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{ratio CT}} \\ &= 184,8 \times \frac{5}{2000} \\ &= 0,462 \text{ A} \end{aligned} \quad (12)$$

Setting Tms

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

$$0,7 = \frac{0,14 \text{ Tms}}{\left(\frac{14959}{184,8}\right)^{0,02} - 1}$$

$$Tms = 0,45$$

3.3 Perhitungan Waktu Kerja Relai

Perhitungan waktu kerja relai bertujuan untuk melihat baik dan buruknya kerja relai pada tiap penyulang jika mengalami gangguan. Perhitungan waktu kerja relai menggunakan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{0,14 \text{ Tms}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1} \quad (15)$$

a. Waktu kerja relai 3 fasa

Tabel 8. Waktu Kerja Relai 3 Fasa

Penyulang MRA 1				Penyulang MRA 3		
Jarak Penyulang	Penyulang (Detik)	Incoming (Detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	Incoming (detik)	Selisih Waktu
0%	0,30	0,71	0,42	0,30	0,71	0,42
25%	0,32	0,79	0,48	0,33	0,86	0,52
50%	0,36	0,96	0,60	0,39	1,16	0,76
75%	0,40	1,21	0,80	0,61	3,76	3,15

100%	0,46	1,58	1,13	0,68	6,36	5,68
------	------	------	------	------	------	------

Tabel 9. Waktu Kerja Relai 3 Fasa

Penyulang MRA 6				Penyulang MRA 7		
Jarak Penyulang	Penyulang (Detik)	Incoming (Detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	Incoming (detik)	Selisih Waktu
0%	0,30	0,71	0,42	0,30	0,71	0,42
25%	0,32	0,82	0,49	0,33	0,84	0,51
50%	0,37	1,00	0,64	0,38	1,08	0,70
75%	0,42	1,30	0,89	0,44	1,48	1,04
100%	0,48	1,80	1,32	0,53	2,28	1,75

b. Waktu Kerja Relai 2 fasa

Tabel 10. Waktu Kerja Relai 2 Fasa

Penyulang MRA 1				Penyulang MRA 3		
Jarak Penyulang	Penyulang (Detik)	Incoming (Detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	Incoming (detik)	Selisih Waktu
0%	0,31	0,77	0,46	0,31	0,77	0,46
25%	0,33	0,86	0,53	0,35	0,94	0,58
50%	0,37	1,05	0,68	0,42	1,30	0,88
75%	0,43	1,36	0,94	0,67	5,80	5,13
100%	0,49	1,86	1,37	0,75	15,70	14,95

Tabel 11. Waktu Kerja Relai 2 Fasa

Penyulang MRA 6				Penyulang MRA 7		
Jarak Penyulang	Penyulang (Detik)	Incoming (Detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	Incoming (detik)	Selisih Waktu
0%	0,31	0,77	0,46	0,31	0,77	0,46
25%	0,34	0,89	0,55	0,35	0,91	0,57
50%	0,39	1,11	0,72	0,40	1,21	0,81
75%	0,44	1,49	1,05	0,47	1,72	1,25
100%	0,52	2,17	1,65	0,57	2,91	2,34

c. Waktu Kerja Relai 1 Fasa ke tanah

Tabel 12. Waktu Kerja Relai 1 Fasa ke Tanah

Penyulang MRA 1				Penyulang MRA 3		
Jarak Penyulang	Penyulang (Detik)	Incoming (Detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	Incoming (detik)	Selisih Waktu
0%	0,29	0,69	0,40	0,30	0,68	0,38
25%	0,40	0,77	0,37	0,35	0,79	0,44
50%	0,47	0,89	0,42	0,41	0,93	0,52
75%	0,55	1,04	0,49	0,62	1,35	0,74
100%	0,65	1,22	0,56	0,68	1,49	0,80

Tabel 13. Waktu Kerja Relai 1 Fasa ke Tanah

Penyulang MRA 6				Penyulang MRA 7		
Jarak Penyulang	Penyulang (Detik)	Incoming (Detik)	Selisih Waktu	Penyulang (detik)	Incoming (detik)	Selisih Waktu
0%	0,30	0,70	0,40	0,29	0,70	0,40
25%	0,34	0,79	0,45	0,34	0,81	0,47
50%	0,40	0,93	0,53	0,41	0,97	0,55
75%	0,48	1,09	0,61	0,50	1,15	0,65
100%	0,56	1,27	0,71	0,59	1,35	0,76

Berdasarkan hasil dari tabel diatas, waktu kerja relai pada sisi *incoming* 20 kV lebih lama dibandingkan relai sisi penyulang 20 kV. Selain itu, jarak penyulang juga berpengaruh terhadap selisih waktu. Selisih waktu kerja semakin besar jika jarak lokasinya semakin jauh.

3.4 Perbandingan *Setting* Relai pada Perhitungan dengan Data di Lapangan

Tabel 14. Perbandingan *Setting* Relai

No.	Relai	Data Perhitungan		Data di Lapangan
1	OCR (Penyulang)	MRA 1	TMS = 0,15 Ratio CT = 800/5	TMS = 0,15 Ratio CT = 800/5
		MRA 3	TMS = 0,15	TMS = 0,15

			Ratio CT = 800/5	Ratio CT = 800/5
		MRA 6	TMS = 0,15 Ratio CT = 800/5	TMS = 0,15 Ratio CT = 800/5
		MRA 7	TMS = 0,15 Ratio CT = 800/5	TMS = 0,15 Ratio CT = 800/5
2	OCR (Incoming)	MRA 1	TMS = 0,22 Ratio CT = 2000/5	TMS = 0,24 Ratio CT = 2000/5
		MRA 3	TMS = 0,22 Ratio CT = 2000/5	TMS = 0,24 Ratio CT = 2000/5
		MRA 6	TMS = 0,22 Ratio CT = 2000/5	TMS = 0,24 Ratio CT = 2000/5
		MRA 7	TMS = 0,22 Ratio CT = 2000/5	TMS = 0,24 Ratio CT = 2000/5
3	GFR (Penyulang)	MRA 1	TMS = 0,18 Ratio CT = 800/5	TMS = 0,2 Ratio CT = 800/5
		MRA 3	TMS = 0,23 Ratio CT = 800/5	TMS = 0,2 Ratio CT = 800/5
		MRA 6	TMS = 0,19 Ratio CT = 800/5	TMS = 0,2 Ratio CT = 800/5
		MRA 7	TMS = 0,2 Ratio CT = 800/5	TMS = 0,2 Ratio CT = 800/5
4	GFR (Incoming)	MRA 1	TMS = 0,45 Ratio CT = 2000/5	TMS = 0,35 Ratio CT = 2000/5
		MRA 3	TMS = 0,55 Ratio CT = 2000/5	TMS = 0,35 Ratio CT = 2000/5
		MRA 6	TMS = 0,47 Ratio CT = 2000/5	TMS = 0,35 Ratio CT = 2000/5

MRA 7	TMS = 0,5	TMS = 0,35
	Ratio CT = 2000/5	Ratio CT = 2000/5

4. PENUTUP

Dari hasil perhitungan data yang didapat maka penulis berpendapat sebagai berikut:

- 1) Dari hasil *report manager* di ETAP, terdapat arus gangguan hubung singkat terbesar yaitu 13987 A terjadi pada gangguan hubung singkat 3 fasa dan arus gangguan terkecil yaitu 874 A pada penyulang MRA 3.
- 2) Hasil simulasi pada ETAP, tidak terjadi perbedaan yang signifikan dengan data yang dihitung manual, hal tersebut menjelaskan bahwa relai sudah bekerja dengan baik sesuai standar.
- 3) Lokasi jarak gangguan mempengaruhi besarnya arus gangguan hubung singkat, semakin jauh jarak lokasi gangguan maka nilai arus gangguan juga semakin kecil.
- 4) Dari hasil perhitungan diatas, relai masih dalam keadaan yang baik. Relai pada penyulang bekerja lebih cepat dari waktu kerja relai *incoming*.

PERSANTUNAN

Puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena telah memberikan kenikmatan apapun yang tidak dapat dihitung dengan jari sehingga penulis mampu mengerjakan naskah publikasi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang dengan senang hati membantu untuk mengerjakan naskah publikasi ini sebagai berikut :

- 1) Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberikan nasehat, motivasi dan doa yang tidak pernah putus. Terima kasih atas segalanya, penulis sangat bersyukur memiliki kedua orang tua seperti mereka.
- 2) Rafida Rahman selaku saudara kandung yang selalu membuat penulis semangat untuk menjadi contoh yang baik.
- 3) Bapak Umar, ST, MT Selaku dosen pembimbing dan Ketua Jurusan Teknik Elektro UMS yang telah bersedia membimbing dan memberi ilmu terkait naskah publikasi.

- 4) Seluruh jajaran Dosen Teknik Elektro yang sudah memberikan ilmu selama berada di bangku perkuliahan.
- 5) Bapak Agus dan Bapak Sunaryo selaku Supervisor Gardu Induk Mrica dan Supervisor Teknik PT PLN (Persero) Area Banjarnegara yang telah memberikan izin dan waktunya atas informasi data
- 6) Ableh, Anung, Ucup, Fizal, Riza, Hafiz, Ricky, Nafis, penulis mengucapkan terima kasih, karena sudah memberikan semangat, motivasi dan bantuan selama dalam perkuliahan maupun dalam mengerjakan naskah publikasi.
- 7) Semua teman Teknik Elektro yang telah memberikan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Badekar, P P., et al. 2009. *Optimum Time Coordination of Overcurrnt Reles in Distribustion System Using Big-M (Penalty) Method*. Visvesvaraya National Institutue of Technology Nagpur (Maharashtra).
- Dermawan, Erwin., Dimas Nugroho. “Analisa Koordinasi Over Current Relay dan Ground Fault Relay dan Ground Fault Relay di Sistem Proteksi Feeder Gardu induk 20 kV Jababeka” Univeritas Muhammadiyah Jakarta, Jurnal Teknik Elektro. Volume 14 No. 2
- Gonen, Turan. *Modern Power System Analysis*, John Wiley and Sons Inc, Canada 1998
- Irfan, Affandi. 2009. Analisa Setting Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa di GI Cawang. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Stevenson, Jr., William D. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Stevenson, Jr., William D. 1996. *Analisis Sisten Tenaga Listrik*. Cetakan kelima. Jakarta: Penerbit Erlangga

Zellagui, Mohamed., Benabid, Rabah., dkk. 2015. Optimal Overcurrent Relays Coordination in the Presence Multi TCSC on Power Systems Using BBO Algorithm. Algeria: MECS.