

Analisis Setting Over Current Relay dan Ground Fault Relay Pada Sisi Incoming Travo 60 MVA dan Outgoing Feeder

Dasweptia¹, Yenni Afrida², Dani Ahmad Fauzi³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung
Jl. ZA Pagar Alam No 14, Bandar Lampung 35142
E-mail : ddj_ckm@yahoo.co.id
yenniafrida2016@gmail.com
daniahmadfauzi@gmail.com

ABSTRACT

A Feeder in the medium-voltage of 20 kV system is used for the electricity distribution from substation to the consumer. But in fact, at the network distribution there are a many kinds of disturbances, both of phasa to phasa and phasa to ground. So it is very necessary to have a security devices that can be responded quicly, flexibly and reliably. Security devices which used to overcome the problem of over-current disturbance are OCR (Over-Current Relay) and GFR (Ground-Fault Relay). In installating of these relay, it is also set the working time setting, in order to have a coordination to the other relay. From the results of this study obtained that the largest current disturbance of 3 $\emptyset$, 2 $\emptyset$ and 1 $\emptyset$ located at the network base (1% of channel) is (R,S,T= 6.471A, 3.235A and 286A), while the smallest disturbance current located at the end of the network (100% of channel) is (R,S,T= 400A, 200A and 149A). From this study also found that working time of OCR on the side of outgoing feeder was faster than incoming, the working time of outgoing relay was 0,3 second, then in the incoming side is 0,7 second for the (1% network length). So it can be concluded that the more near distance of disturbance, then the value of the disturbance will be great, and if the greater current of the disturbances happened then working time of relay will be quickly.

Keywords : Feeder, Disturbance, Protection (Relay), OCR, GFR, Setting

1. Pendahuluan

Pada sistem distribusi tenaga listrik, tepatnya mulai dari wilayah Gardu Induk (GI) hingga ke sisi konsumen, terdapat banyak sekali macam gangguan yang terjadi, salah satu gangguan yang banyak ditemui dalam sistem distribusi tenaga listrik ialah gangguan hubung singkat. Penyebab utama dari gangguan ini ialah terdapatnya benda asing yang menempel pada jaringan, baik yang menghubungkan jaringan antar fasa ke fasanya atau yang biasa disebut dengan gangguan fasa-fasa, maupun yang menghubungkan langsung fasa ke tanah yang biasa disebut dengan gangguan fasa-tanah.

Keberadaan dari gangguan ini menyebabkan terputusnya pasokan energi listrik yang mengalir ke sisi konsumen, bahkan jika tidak segera diamankan dengan cepat maka dapat mengakibatkan kerusakan pada perlaatan listrik yang berada disekitar wilayah

tersebut dan meluasnya gangguan ke wilayah lain. Oleh karena itu dalam upaya pencegahannya, maka diperlukan suatu pengamanan pada sistem energi listrik yaitu yang disebut dengan sistem proteksi. Diharapkan peralatan yang ada pada sistem proetksi ini dapat bekerja dengan baik, dengan memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah ditetapkan untuk peralatan pada sistem proteksi, yaitu cepat, responsif, andal, dan selektif, yang semua ini bergantung pada ketepatan setelan pada peratan rele proteksi yang terpasang.

2. Landasan Teori

2.1 Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Sistem Proteksi berfungsi untuk memisahkan / mengisolir bagian

sistem yang terganggu sehingga bagian sistem lainnya dapat terus beroperasi.

Tujuan sistem proteksi

Adapun tujuan dari sistem proteksi antara lain:

- Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang terganggu atau peralatan yang dilalui oleh arus gangguan.
- Mendeteksi kondisi abnormal (gangguan)
- Untuk melokalisasi (mengisolir) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.
- Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. Serta memperkecil bahaya bagi manusia

2.2 Rele Arus Lebih / Over Current Relay (OCR)

Rele Arus Lebih atau OCR (*Over Current Rele*) adalah suatu rele yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi nilai pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga rele ini dapat dipakai sebagai pola pengaman arus lebih. Rele ini pada dasarnya mengamankan adanya arus lebih yang disebabkan gangguan hubung singkat atau beban lebih.

2.3 Rele OCR Inverse

Adalah rele yang waktu tundanya mempunyai karakteristik tergantung pada besarnya arus gangguan, semakin besar arus gangguan maka waktu kerja rele akan semakin cepat, arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu kerja rele. Pada rele dengan karakteristik *inverse*, dari tingkat kecuraman waktu dan arus nya dikelompokkan menjadi : *Standard Inverse*, *Very Inverse*, *Extremely Inverse* dan *Long Inverse*.

2.4 Rele Gangguan Tanah / Ground Fault Relay (GFR)

Rele hubung tanah pada prinsip kerjanya sama dengan rele OCR, tetapi rele GFR bekerja apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah. Pada kondisi normal beban seimbang I_r , I_s , I_t sama besar, sehingga pada kawat netral tidak timbul arus dan rele hubung tanah tidak dialiri arus. Bila terjadi ketidakseimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga rele hubung tanah merasakan arus gangguan yang besarnya melebihi I_{set} sehingga rele ini akan mentriplekan PMT.

2.5 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat perlu dilakukan dengan beberapa tahap perhitungan, yaitu sebagai berikut :

2.6 Menghitung Impedansi

1. Impedansi sumber

Langkah pertama ialah lakukan perhitungan MVA_{short} di sisi sumber 150 kV terlebih dahulu, untuk sisi

150 kV dengan kapasitas sumber 60 MVA, didapat arus hubung singkatnya dengan menggunakan rumus :

$$(I_{SC})_{150kV} = \frac{1}{X_T} \times I_{nom\ 150\ kV} \dots\dots\dots(1)$$

Selanjutnya masukan nilai I_{sc} atau arus hubung singkat di sisi 150 kV ke persamaan (2)

$$MVA_{(SC)} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{sc} \cdot V \dots\dots\dots(2)$$

Kemudian selanjutnya, hitung impedansi sumber :

$$X_{(SC1)} = \frac{(kV_1)^2}{MVA_{(sc)}} \dots\dots\dots(3)[1]$$

Dimana :

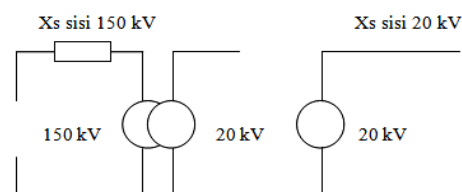
$X_{(SC1)}$ = Impedansi sumber sisi 150kV (Ω)

I_{sc} = Arus max. pd sisi primer trafo (A)

$I_{nom\ 150\ kV}$ = Arus maksimum trafo di sisi 150 kV.

$MVA_{(SC)}$ = Daya hubung singkat 150kV (MVA)

Arus gangguan hubung singkat di sisi 20 kV diperoleh dengan cara mengkonversikan dulu impedansi sumber di bus 150 kV ke sisi 20 kV. Untuk mengkonversikan Impedansi yang terletak di sisi 150 kV ke sisi 20 kV, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :



Gambar.1 Konversi X_s dari 150 kV ke 20 kV [1]

$$X_{(SC2)} = \frac{(kV_2)^2}{(kV_1)^2} \times X_{SC1} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

$X_{(SC2)}$ = impedansi sumber sisi 20kV (Ω)

kV_1 = tegangan primer trafo (kV)

kV_2 = tegangan sekunder trafo (kV)

2. Impedansi transformator

Pada perhitungan impedansi suatu transformator yang diambil adalah harga reaktansinya, sedangkan tahananannya diabaikan karena harganya kecil. Untuk mencari nilai reaktansi trafo dalam Ohm dihitung dengan cara sebagai berikut langkah pertama mencari nilai ohm pada 100% untuk trafo pada 20 kV, yaitu dengan menggunakan rumus :

$$X_T \text{ (pada 100\%)} = \frac{(kV_2)^2}{MVA \text{ Trafo}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

$X_T \text{ (pada 100\%)} =$ Impedansi (Reaktansi) Trafo (Ω)

kV_2 = Tegangan sisi sekunder trafo (kV)

MVA = Kapasitas daya tarfo tenaga (MVA)

Lalu tahap selanjutnya yaitu menghitung nilai reaktansi transformator tenaga:

$$X_T = \frac{(kV_2)^2}{MVA \text{ Trafo}} \times X_T \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

X_T = Reaktansi Trafo (Ω)

Reaktansi $X_T = X_{T1} = X_{T2}$ yaitu reaktansi positif (X_{T1}) dan reaktansi negatif (X_{T2}) Untuk impedansi urutan nol pada transformator (X_{T0}) perlu diperhatikan ada tidaknya belitan delta, dan untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan Yyn dan tidak mempunyai belitan delta di dalamnya, maka untuk menghitung besarnya X_{T0} berkisar antara

$$9s/d \ 14 \times X_{T1} [2]$$

3. Impedansi penyulang

Impedansi penyulang yang akan dihitung disini, tergantung dari besarnya impedansi per km (ohm/km) dari penyulang yang dihitung, dimana nilai ditentukan dari jenis penghantar, luas penampang dan panjang jaringan SUTM atau jaringan SKTM. Impedansi kabel :

- Impedansi Urutan Positif dan Negatif :

$$Z_1 = Z_2 = (R + jx) \times L \dots\dots\dots(7)$$

$$Z = (R + jX) \times \text{Panjang Jaringan}$$

- Impedansi urutan Nol :

$$Z_0 = (R + jx) \times L \dots\dots\dots(8)$$

$$Z_0 = (R + jX) \times \text{Panjang Jaringan}$$

Keterangan:

L = Panjang saluran (km)

R = bilangan real dari impedansi jenis PHT. (ketetapan)

jX = bilangan imajiner (ketetapan)

Z₁ = impedansi urutan positif (Ω)

Z₂ = Impedansi urutan negatif (Ω)

Z₀ = Impedansi urutan nol (Ω)

4. Impedansi ekuivalen jaringan

Perhitungan yang akan dilakukan di sini adalah perhitungan besarnya nilai impedansi ekuivalen positif, negatif dan nol dari titik gangguan sampai ke sumber. Karena dari sejak sumber ke titik gangguan impedansi yang terbentuk adalah tersambung seri maka perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat langsung dengan cara menjumlahkan impedansi tersebut, sedangkan untuk perhitungan Z_{0eq} dimulai dari titik gangguan sampai ke trafo tenaga yang netralnya ditanahkan. Akan tetapi untuk menghitung impedansi Z_{0eq} ini, harus diketahui dulu hubungan belitan trafonya.

Sehingga untuk impedansi ekuivalen jaringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Urutan positif dan urutan negatif

dimana ($Z_{1eq} = Z_{2eq}$)

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1} + Z_{1f} \quad (9)$$

Keterangan :

Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan positif (Ω)

Z_{2eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif (Ω)

Z_{s1} = Impedansi sumber sisi 20 kV (Ω)

Z_{t1} = Impedansi trafo tenaga urutan positif dan negatif (Ω)

Z_{1f} = Impedansi urutan positif dan negatif Penyulang (Ω)

Z_{0eq} = Impedansi ekuivalen jaringan nol (Ω)

Z_{t0} = Impedansi trafo tenaga urutan nol (Ω)

RN = Tahanan tanah trafo tenaga (Ω)

Z_{0f} = Impedansi urutan nol Penyulang (Ω)

2.7 Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

1. Arus Gangguan 3 fasa

$$I_{f3\phi} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \dots\dots\dots(10) [5]$$

2. Arus gangguan 2 fasa

$$I_{f2\phi} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \dots\dots\dots(11) [5]$$

3. Arus gangguan 1 fasa- tanah

$$I_{f1\phi-n} = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

$I_{f3\phi}$ = Arus hubung singkat 3 fasa (A)

$I_{f2\phi}$ = Arus hubung singkat 2 fasa (A)

$I_{f1\phi-n}$ = Arus hubung singkat 1 fasa (A)

V_{ph} = Tegangan (phasa-netral) (V)

Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan positif (Ω)

Z_{2eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif (Ω)

Z_{0eq} = Impedansi ekuivalen jaringan urutan nol (Ω)

2.8 Setelan Waktu Kerja Rele (T) pada OCR dan GFR dengan tipe (Standard Inverse)

Adapun rumus untuk menentukan waktu kerja rele (t) atau waktu pengali (tms) pada rele OCR, untuk setiap karakteristik *inverse* sesuai *Standard* IEC 60255-3 dan BS 142 1996, ialah sebagai berikut :

$$Tms = T \times \frac{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{\alpha} - 1}{k} \dots\dots\dots(13)$$

K :

T = waktu kerja rele (detik)

$I_r = \left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)$, arus gangguan dibagi arus set (A)

I_f = arus gangguan (A)

I_{set} = arus setelan (A)

Tms = *time multiplier setting* /waktupengali (detik)

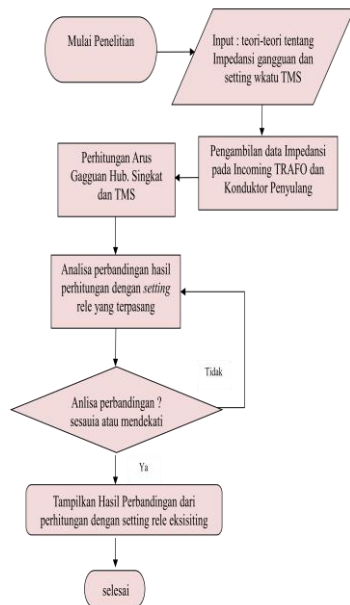
α = alfa (konstanta faktor pengali)

k = konstanta (faktor pengali)

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan memasukkan data ada di lapangan pada persamaan atau teori-teori perhitungan yang didapat, kemudian membandingkannya dengan nilai setelan yang sudah terpasang.

Analisa setting OCR dan GFR ini dilakukan di *Incoming* Penyulang dari Trafo II (60 MVA) dan *Outgoing* penyulang Teh, pada PT PLN (Persero) GI Bukit Kemuning Secara garis besar, penyusunan penelitian ini dapat digambarkan dengan diagram alir (*flow chart*) pada gambar 2.



Gambar 2. Flow chart Penelitian

4. Perhitungan dan Analisa

4.1 Data Sistem pada Gardu Induk Bukit Kemuning

Gardu Induk Bukit Kemuning memiliki 2 unit trafo tenaga dengan tegangan kerja 150/20 kV dan 6 penyulang 20 kV, dimana Trafo I dengan kapasitas (30 MVA) memasok 3 penyulang dan Trafo II yang berkapasitas (60 MVA) juga memasok 3 penyulang, adapun penyulang yang dijadikan objek dalam penelitian ini adalah penyulang TEH yang berasal dari Trafo II. Adapun data-data yang diperlukan untuk penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Data Trafo Tenaga II

Berikut adalah data spesifik dari transformator tenaga 60 MVA, pada Gardu Induk Bukit Kemuning :

- Merk : UNINDO
- Kapasitas : 60 MVA
- Tegangan : 150 / 20 kV
- Impedansi ($Z\%$) : 12,06 %
- Tegangan primer : 150 kV
- Tegangan sekunder : 20 kV
- Ratio CT : 2000/5 A
- Vektor Group : YNyn0
- Arus Nominal : 1732,1 A
- Ground Resistor : 40 ohm

2. Data OCR dan GFR sisi *Incoming* 20 kV dan *Outgoing* Penyulang

Berikut ini adalah data spesifik dari OCR dan GFR dari *incoming* 20 kV trafo II, pada Gardu Induk Bukit Kemuning :

a. Data OCR *Incoming* 20 kV

- Merk : Micom (*Schneider Electric*)
- Tipe : Micom P141
- No seri : P141316A6M0448J
- Karakteristik : *Standard Inverse*
- I Nominal : 2000 A
- Tms : 240 ms
- Ratio CT : 2000/5 A

b. Data GFR *Incoming* 20 kV

- I Nominal : 200 A
- Tms : 170 ms

c. Data OCR Penyulang 20 kV

- Merk : Micom (*Schneider Electric*)
- Tipe : Micom P142
- No seri : P142316A6M0448J
- Karakteristik : *Standard Inverse*
- I Nominal : 360 A
- Tms : 120 ms
- Ratio CT : 600/5 A

d. Data GFR Penyulang 20 kV

- I Nominal : 240 A
- Tms : 150 ms

3. Data Jaringan Penyulang TEH

Penyulang Teh dengan panjang total jaringan 51,28 Km, menggunakan jenis penghantar AAAC 150 mm², AAACS 150 mm², AAAC 70 mm².

Tabel 1. Panjang Jenis Penghantar dari Penyulang Teh

No	Jenis Penghantar kawat/kabel	Ukuran (mm ²)	Panjang (km)
1	kawat AAAC	150	7,5
2	kawat AAACS	150	2,82
3	Kawat AAAC	70	40,96

Tabel 2. Impedansi Jenis Penghantar Penyulang Teh

N o	Jenis Pnghantar	Ukura n (mm ²)	Impedansi urutan positif (Z1)
-----	-----------------	----------------------------	-------------------------------

1	AAAC	150	0,216 + j 0,338
2	AAACS	150	0,216 + j 0,338
3	AAAC	70	0,461 + j 0,357

Tabel 3. Impedansi Urutan Nol

Impedansi urutan nol (Z ₀)
0,363 + j 1,618
0,363 + j 1,618
0,609 + j 1,645

4.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Dari hasil perhitungan berdasarkan tabel 1, 2 dan 3 dapat diketahui arus hubung singkat tiga fasa, dua fasa dan satu fasa tanah di penyulang Teh.

$$\begin{aligned}
 X_{sc2} \text{ (sisi 20kV)} &= j 0.804 \Omega \\
 Z_{1F} &= 21,106 + j 18,115 \Omega/\text{km} \\
 X_{T1} &= j 0,804 \Omega \\
 Z_{0F} &= 28,692 + j 84,077 \Omega/\text{km} \\
 X_{T0} &= j 8,04 \Omega \\
 R_N &= 40 \Omega
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan 10 maka untuk arus gangguan tiga fasa adalah sebagai berikut :

1. Arus gangguan 3 fasa

- Arus Gangguan 3 fasa (100% jaringan)

$$\begin{aligned}
 IF_{3\phi} &= \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \\
 &= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{X_{sc2} + X_{T1} + Z_{1F}} \\
 &= 399,75 \text{ A}
 \end{aligned}$$

- Arus Gangguan 3 fasa (1% jaringan)

$$\begin{aligned}
 IF_{3\phi} &= \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \\
 &= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{X_{sc2} + X_{T1} + Z_{1F}} \\
 IF_{3\phi} &= 6.471 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

2. Arus gangguan 2 fasa

- Arus Gangguan 2 Fasa (100% jaringan)

$$\begin{aligned}
 IF_{2\phi} &= \frac{V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \\
 &= \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{2 \times Z_{1eq}} \\
 IF_{2\phi} &= 200 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

3. Arus gangguan 1 fasa -tanah

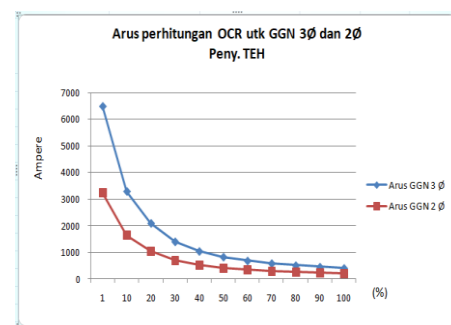
- Arus Gangguan 1 fasa Tanah (1 % jaringan)

$$\begin{aligned}
 IF_{1\phi} &= \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \\
 IF_{1\phi} &= 286 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

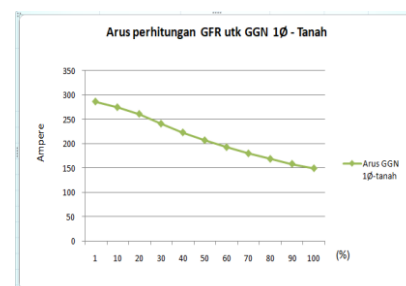
Tabel 4. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat di Penyulang The

Pjg Jar.	Jarak	Arus Hubung Singkat (A)		
%	km	3Ø	2Ø	1Ø
1	0,513	6.471	3235	286
10	5,13	3.282	1641	275
20	10,26	2.087	1043	261
30	15,38	1.396	698	241
40	20,51	1.036	518	223
50	25,64	821	410	207
60	30,77	679	339	193
70	35,90	578	289	180
80	41,02	503	252	169
90	46,15	446	223	159
100	51,28	400	200	149

Dari hasil perhitungan pada tabel 4 maka dapat dilihat kurva arus gangguan seperti pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Kurva Arus Gangguan 3Ø dan 2Ø



Gambar 4. Kurva Arus Gangguan 1Ø-tanah

4.3 Penyetelan Waktu Kerja Rele Arus Lebih

Untuk Penyetelan waktu kerja pada rele dimulai dari sisi hilir (sisi *outgoing* / penyulang) kemudian dilanjutkan ke sisi hulu (*Incoming feeder*).

1. Setelan waktu kerja rele OCR dan GFR di Outgoing (Penyulang)

Ialah melakukan perhitungan terhadap setelan waktu kerja relay OCR (phasa-phasa) dan GFR (phasa-tanah) pada sisi *incoming* transformator daya II (60MVA) dari jarak 1-100% jaringan. [4]

2. Setelan waktu kerja rele OCR dan GFR di Incoming

Ialah melakukan perhitungan terhadap setelan waktu kerja relay OCR (phasa-phasa) dan GFR (phasa-tanah) pada sisi *outgoing* (Penyulang) dari jarak 1-100% jaringan.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Waktu Kerja Rele OCR di Incoming dan Penyulang

Pjg Jar.	Jarak	Waktu kerja OCR		Selisih waktu
		Incoming	Penyulang	
(%)	km	(detik)	(detik)	(detik)
1	0,51	0,70	0,30	0,40
10	5,13	0,88	0,37	0,51
20	10,26	1,06	0,44	0,62
30	15,38	1,30	0,52	0,78
40	20,51	1,55	0,60	0,95
50	25,64	1,83	0,69	1,14
60	30,77	2,15	0,79	1,36
70	35,90	2,50	0,89	1,61
80	41,02	2,93	1,00	1,93
90	46,15	3,43	1,12	2,31
100	51,28	4,06	1,25	2,81

Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan Waktu Kerja Rele OCR di Incoming dan outgoing feeder (penyulang)

Tabel 6. Hasil Perhitungan Waktu Kerja Rele GFR di Incoming dan Penyulang

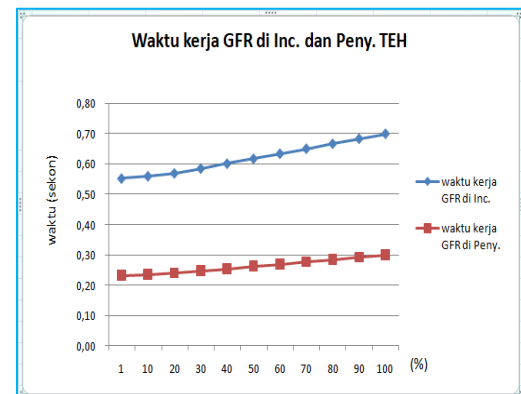
Pjg Jar	Jarak	Waktu kerja GFR		Selisih waktu
		Incoming	Penyulang	
(%)	km	(detik)	(detik)	(detik)
1	0,51	0,55	0,23	0,32
10	5,13	0,56	0,24	0,32
20	10,26	0,57	0,24	0,33
30	15,38	0,59	0,25	0,34
40	20,51	0,60	0,25	0,35
50	25,64	0,62	0,26	0,36
60	30,77	0,63	0,27	0,36
70	35,90	0,65	0,28	0,37

80	41,02	0,67	0,28	0,39
90	46,15	0,68	0,29	0,39
100	51,28	0,70	0,30	0,40

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan Waktu Kerja Rele GFR di Incoming dan Penyulang.

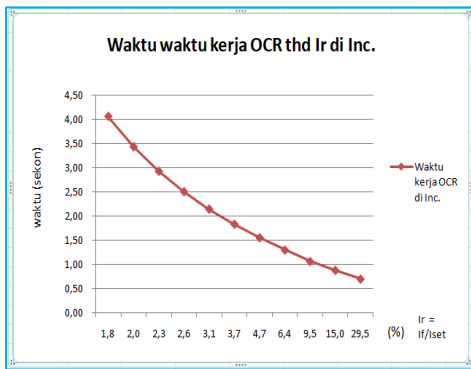
Tabel 7 Hasil Perhitungan Std. Inverse Pada Rele OCR dan GFR

Standard Inverse	Incoming (Bus 20 kV)	Outgoing Penyulang
OCR (I>)	Iset pri = 1818,6 A Iset sek = 4,55 A Tms = 0,35 T = 0,7 detik	Iset pri = 160,3 A Iset sek = 1,34 A Tms = 0,16 T = 0,3 detik
GFR (I>)	Iset pri = 99,12 A Iset sek = 0,25 A Tms = 0,26 T = 0,70 detik	Iset pri = 17,6 A Iset sek = 0,22 A Tms = 0,1 T = 0,3 detik

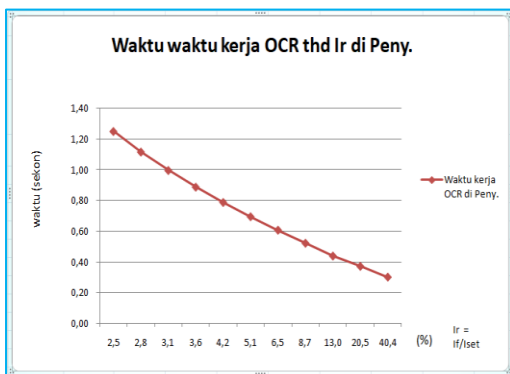


Gambar 5. Selisih waktu kerja GFR di Inc. dan Peny.

selisih waktu kerja GFR pada gambar 5 merupakan hasil perhitungan pada tabel 6.



Gambar 6. Kesesuaian bentuk kurva (t) thd (Ir) dari perhitungan dgn kurva *Standard Inverse* (Inc.)



Gambar 7. Kesesuaian bentuk kurva (t) thd (Ir) dari perhitungan dengan kurva *Standard Inverse* (Inc.)

Tabel. 8 Hasil Perhitungan dan Set PLN (OCR Penyulang)

Setting OCR Di Penyulang					
Panjang Saluran (kms)		Hasil Perhitungan		Setting PLN	
		Iset = 160,3 A, tms = 0,16		Iset = 360 A, tms = 0,12	
%	km	If3 Fasa	t (detik)	If3 Fasa	t (detik)
1	0,51	6.471	0,30	6.471	0,28
10	5,13	3.282	0,37	3.282	0,37
20	10,26	2.087	0,44	2.087	0,47
30	15,38	1.396	0,52	1.396	0,61
40	20,51	1.036	0,60	1.036	0,78
50	25,64	821	0,69	821	1,01
60	30,77	679	0,79	679	1,31
70	35,90	578	0,89	578	1,77
80	41,02	503	1,00	503	2,50
90	46,15	446	1,12	446	3,93

100	51,28	400	1,25	400	8,01
-----	-------	-----	------	-----	------

Tabel 9. Hasil Perhitungan dan Set PLN (GFR Penyulang)

Setting GFR Di Penyulang					
Panjang Saluran (kms)		Hasil Perhitungan		Setting PLN	
		Iset = 14,9 A, tms = 0,1		Iset = 24 A, tms = 0,15	
%	km	If1 Fasa	t (detik)	If1 Fasa	t (detik)
1	0,513	286	0,23	286	0,41
10	5,13	275	0,24	275	0,42
20	10,26	261	0,24	261	0,43
30	15,38	241	0,25	241	0,44
40	20,51	223	0,25	223	0,46
50	25,64	207	0,26	207	0,47
60	30,77	193	0,27	193	0,49
70	35,90	180	0,28	180	0,51
80	41,02	169	0,28	169	0,53
90	46,15	159	0,29	159	0,55
100	51,28	149	0,30	149	0,56

Tabel 10. Hasil Perhitungan dan Set PLN (OCR Incoming)

Setting OCR Di Incoming					
Panjang Saluran (kms)		Hasil Perhitungan		Setting PLN	
		Iset = 1818,6 A, tms = 0,35		Iset = 2000 A, tms = 0,24	
%	km	If3 fasa Inc.	t (detik)	If3 Fasa	t (detik)
1	0,513	53654	0,70	53654	0,49
10	5,13	27213	0,88	27213	0,63
20	10,26	17302	1,06	17302	0,76
30	15,38	11572	1,30	11572	0,94
40	20,51	8590	1,55	8590	1,13
50	25,64	6806	1,83	6806	1,35
60	30,77	5628	2,15	5628	1,61
70	35,90	4794	2,50	4794	1,90
80	41,02	4174	2,93	4174	2,27
90	46,15	3695	3,43	3695	2,72

100	51,28	3315	4,06	3315	3,31
-----	-------	------	------	------	------

Tabel 11. Hasil Perhitungan dan Set PLN (GFR Incoming)

Setting GFR Di Incoming					
Panjang Saluran (kms)		Hasil Perhitungan		Setting PLN	
		Iset = 99,12 A, tms = 0,26		Iset = 132,7 A, tms = 0,17	
%	km	If1 fasa Inc.	t (detik)	If1 Fasa	t (detik)
1	0,5128	2373	0,55	2373	0,40
10	5,128	2276	0,56	2276	0,41
20	10,256	2163	0,57	2163	0,41
30	15,384	1997	0,59	1997	0,43
40	20,512	1848	0,60	1848	0,44
50	25,64	1715	0,62	1715	0,45
60	30,768	1597	0,63	1597	0,47
70	35,896	1492	0,65	1492	0,48
80	41,024	1398	0,67	1398	0,49
90	46,152	1314	0,68	1314	0,51
100	51,28	1239	0,70	1239	0,52

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari data-data yang didapat, hasil perhitungan dan hasil analisa maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari data hasil perhitungan didapat bahwa arus gangguan hubung singkat 3 fasa yang terbesar berada di titik pangkal penyulang (1% jaringan) yakni sebesar 6,471 A, sedangkan arus gangguan 3 fasa terkecil berada pada ujung penyulang (100% jaringan) yakni sebesar 400 A. Dan untuk arus gangguan hubung singkat 1 fasa yang terbesar juga berada di titik pangkal penyulang (1% jaringan) yakni sebesar 286 A, sedangkan arus gangguan 1 fasa terkecil juga berada pada ujung penyulang (100% jaringan) yakni sebesar 149 A. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin dekat jarak gangguan yang terjadi maka nilai arus gangguannya akan semakin besar, dan bila semakin besar arus gangguannya maka waktu kerja rele akan semakin cepat.
2. Nilai setting yang didapat dari hasil perhitungan pada Penyulang Teh untuk setting rele OCR, Iset = 160,3 A dengan Tms 0,16 detik dan setting rele GFR, Iset= 17,6 A dengan Tms = 0,1 detik. Dan untuk nilai setting yang didapat dari hasil perhitungan pada *Incoming* Trafo daya II (60 MVA) untuk setting rele OCR, Iset = 1818,6 A dengan Tms 0,35 detik dan setting rele GFR Iset= 99,12 A dengan Tms = 0,26

detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus gangguan yang terjadi maka waktu kerja relnya akan semakin cepat.

3. Dapat disimpulkan bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan, semakin jauh jarak titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkatnya dan sebaliknya, selain itu dapat dilihat bahwa arus gangguan hubung singkat terbesar ialah arus gangguan hubung singkat 3Ø, apabila dilihat dari gangguan terhadap fasa (3Ø, 2Ø dan 1Ø).

Daftar Pustaka

- Affandi, Irfan. (2009). Tugas Akhir : "*Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa di GI Cawang*". Depok : Universitas Indonesia, 2009.
- Fajar Pranayuda dkk,(2012). Analisis Mengenai Penyetelan Proteksi Penyulang Cimalaka di Gardu Induk 70 kV Sumedang, Jurnal Media Elektrika, Vol. 5 No. 2 Desember 2012, Hal 11-26.
- Budi Utomo, Heri. Ir. "*Modul Perkuliahan :Proteksi Penyulang Tegangan Menengah*". Bandung : Politeknik Negeri Bandung, 2004.
- Fattahurrahman, Tugas Akhir : "*Studi Penyetelan Rele OCR dan GFR pada Perubahan Kapasitas Trafo Daya dari 30MVA menjadi 60MVA akibat Penambahan Beban di Gardu Induk Gumawang*". Palembang : Universitas Tridinanti Palembang, 2016.
- Sarimun, Wahyudi, (2012), "Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Penerbit CV.Garamond, Depok.
- Y. Afrida, Mahendra Ridho, Hamimi,(2020) Analisa Kegagalan Koordinasi Proteksi Pada Setting Relay OCR Penyulang Semar di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Bandar Jaya, Jurnal Ilmiah Teknik Elektro (JITRO), Vol.1.No.1 Oktober 2020.