

KOORDINASI OVER CURRENT RELAY (OCR) SISI INCOMING 1 DENGAN OCR SISI OUTGOING KLS 03 PADA GI KALISARI

Agung Nugroho^{*}), and Tejo Sukmadi

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*}E-mail: agung_nugroho@undip.ac.id

Abstrak

Peralatan proteksi yang biasa digunakan pada sistem tegangan menengah adalah pemutus tenaga yang kerjanya diperintah oleh rele arus lebih Incoming 20 kV menyalurkan tenaga listrik ke beberapa outgoing feeder. Antara PMT Incoming 20 kV dan PMT Outgoing 20 kV harus ada koordinasi yang baik. Namun pada kenyataannya, dari beberapa gangguan disebabkan karena kesalahan koordinasi proteksi. Koordinasi proteksi yang tidak baik bisa menyebabkan overlap antara pengaman di incoming 20 kV dengan pengaman di outgoing 20 kV dan menyebabkan blackout di semua penyulang. Pada penelitian ini membahas tentang evaluasi koordinasi peralatan pengaman antara PMT Incoming 20 kV dengan PMT outgoing 20 kV penyulang utama KLS 03 pada Gardu Induk Kalisari yang memasok objek vital seperti Rumah sakit Dr. Kariadi, dengan memabandingkan data yang ada di lapangan dengan data hasil perhitungan, Dari hasil perhitungan TMS OCR di sisi incoming 20 kV adalah 0,225 dan TMS di sisi outgoing 20 kV adalah 0,263 dengan arus gangguan 3 fasa sebesar 10878,01 Ampere, arus gangguan 2 fasa terbesar sebesar 9420,63 Ampere, dan arus gangguan 1 fasa sebesar 11586,78 Ampere . Dari setting rele di Incoming dengan Outgoing 20 kV yang ada di lapangan masih berkoordinasi dengan baik hanya saja untuk lebih mengoptimalkan kerja rele tersebut perlu dilakukan resetting rele.

Kata kunci: Koordinasi *setting* proteksi, Relai Arus Lebih

Abstract

The protective equipment commonly used in intermediate voltage systems is a power breaker whose operation is governed by more incoming current releases. Ink 20 kV supplies power to some outgoing feeders. Between Incoming PMT Incoming 20 kV and Outgoing PMT 20KV there should be good coordination. But in fact, from some of the disturbance caused by protection coordination error. Improper protection co-ordinates can lead to overlap between incoming 20 kV safeguards and outgoing 20 kV safeguards and blackouts in all feeders. This study discusses the evaluation of the coordination of safety equipment between incoming PMT Incoming 20 kV with outgoing PMT outgoing 20 kV main feeder KLS 03 on Substation of Kalisari Substation which supply vital object such as Dr. Kariadi, by comparing the existing data in the field with the data calculation results, From the TMS OCR calculation on the incoming side of 20 kV is 0.225 and the TMS on the outgoing side of 20 kV is 0.263 with a 3-phase phase noise of 10878.01 Ampere, the largest 2-phase noise current of 9420.63 Ampere, and gasaguan 1 phase of 11586,78 Ampere. From setting rele in Incoming with Outgoing 20 kV in the field still coordinate well just for more optimize the rel work needed resetting relay.

Keywords: Coordination of protection settings, Overcurrent Relays

1. Pendahuluan

Gangguan- gangguan sering dialami oleh jaringan yang terpasang di alam terbuka seperti saluran udara tegangan menengah 20 KV^{1,3)}. Gangguan tersebut dapat menimbulkan gangguan hubung singkat antar fasa atau gangguan hubung singkatfasa ke tanah, yang mengakibatkan penyaluran tenaga listrik menjadi terganggu atau mengalami pemadaman⁴⁾.

Untuk menghindari kerusakan tersebut dan untuk menjaga

kontinuitas maupun kestabilan sistem maka dipasanglah peralatan proteksi seperti rele arus lebih (*Over Current Relay*). Suatu peralatan proteksi harus dikoordinasikan untuk memastikan bahwa peralatan yang terdapat di titik terdekat gangguan harus dioperasikan terlebih dahulu⁶⁾. Sistem koordinasi proteksi yang baik dan handal ketika terjadi suatu gangguan pada sistem tenaga listrik maka secepat mungkin akan memutuskan saluran yang terdekat dengan gangguan tanpa mempengaruhi saluran yang dekat dengan sumber dan akan meminimalisir daerah yang

terganggu²⁾. Berdasarkan hal tersebut penulis membahas tentang koordinasi OCR antara sisi *incoming* 1 Kalisari dan penyulang 3 Kalisari yang memasok listrik ke objek vital seperti Rumah sakit Dr.Kariadi Semarang. Dari hasil pengujian rele OCR pada sisi penyulang dan *incoming* didapatkan data-data tentang kondisi rele apakah masih memenuhi standar koordinasi setting atau rele tersebut dalam kondisi *setting* yang tidak memenuhi standar. Jika pada rele tersebut mengalami perubahan arus kerja maka dapat menyebabkan PMT *Incoming* 1 di Gardu Induk Kalisari ikut *trip* (*open/* lepas) saat terjadi gangguan pada sisi penyulang 3 Kalisari. Hal ini sangat riskan terjadi, karena tripnya rele *incoming* mengakibatkan semua penyulang yang mendapat *supply* tegangan dari *incoming* tersebut akan ikut *trip* juga⁷⁾.

2. Metode

2.1. Langkah Pengamatan

1. Tahap Persiapan
2. Tahap Pengumpulan Data
3. Tahap Pengolahan Data

2.2. Bahan Pengamatan

Bahan pengamatan yang penulis gunakan berupa data-data yang menunjang dan berhubungan dengan proses kegiatan pengamatan yang berupa:

- Gardu Induk Sweatgear Kalisari trafo 1
- Single Line* Gardu Induk Kalisari
- Trafo 1 Kalisari
- PMT *incoming* dan *outgoing* trafo 1 Kalisari
- CT *incoming* dan *outgoing* trafo 1 Kalisari
- Relai *incoming* dan *outgoing* trafo 1 Kalisari

3. Hasil & Analisa

3.1. Koordinasi OCR *Incoming* 1 KLS dengan OCR *Outgoing* KLS 03

Koordinasi antara PMT *Incoming* 20 kV dengan PMT *Outgoing* 20 kV dapat dicapai dengan memilih nilai waktu *trip* minimum yang berbeda antara kedua PMT dan mengatur pemakaian urutan operasi yang terbalik (*inverse*) dari masing-masing PMT dengan cara mempelajari dan memilih karakteristik kerja dari kurva aruswaktu. Yang penting dalam koordinasi adalah perbedaan waktu antara kedua kurva untuk satu nilai arus tertentu (arus hubung singkat).Perbedaan waktu minimum antara kedua kurva adalah untuk mengamankan agar kedua PMT tidak beroperasi secara bersamaan. Jika terjadi gangguan di penyulang KLS 03 maka PMT *Outgoing* 20 kV KLS 03 akan *trip* terlebih dahulu. Apabila terjadi gangguan di penyulang, OCR pada *Outgoing* 20 kV berperan sebagai pengaman utama, sedangkan OCR pada *Incoming* 20 kV berkerja sebagai pengaman cadangan yang akan mem-*back up* apabila terjadi kegagalan pengamanan pada sisi *outgoing* 20 kV. Dengan data lapangan yang didapat maka akan diperoleh

nilai arus *setting* dan nilai arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, maupun 1 fasa ketanah yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan dan meninjau ulang koordinasi antara PMT *Incoming* 20 kV dengan PMT *Outgoing* 20kV untuk mendapatkan sistem proteksi yang handal dan optimal.

Untuk menentukan *setting* rele pada *Incoming* dan *Outgoing* 20Kv diperlukan parameter – parameter seperti:

1. Perhitungan Impedansi
2. Perhitungan arus hubung singkat
3. Waktu kerja rele *Incoming* harus lebih lama dibandingkan dengan waktu kerja *Outgoing*

3.2. Perhitungan Impedansi Sumber

Pada tabel hubung singkat dari P3B Jawa-Bali berdasarkan pada lampiran 1, besarnya arus hubung singkat 3 fasa pada bus 2 tegangan 150 kV untuk GIS Kalisari adalah sebesar 7,92601 kA.

$$MVA_{HS\ TT} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I = \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 7,92601 = 2056,799 \text{ MVA}$$

Besarnya impedansi sumber di sisi tegangan tinggi 150 kV adalah sebagai berikut:

$$X_{S\ TT} = \frac{kV^2}{MVA_{TT}} = \frac{150^2}{2056,799} = j10,93 \Omega$$

Selanjutnya mengkonversikan impedansi hubung singkat sisi tegangan tinggi 150 kV menjadi impedansi di sisi sekunder trafo tenaga 20 kv.

$$\begin{aligned} X_{S\ TM} &= \left(\frac{kV_{TM}}{kV_{TT}} \right)^2 \cdot X_{S\ TT} \\ &= \left(\frac{20}{150} \right)^2 \cdot j10,939 = j0,1948 \Omega \end{aligned}$$

Impedansi sumber urutan positif, negative, dan nol adalah:

$$Z_{S1} = j0,1948 \Omega$$

$$Z_{S2} = j0,1948 \Omega$$

$$Z_{S0} = j0,1948 \Omega$$

3.3. Perhitungan Impedansi Trafo

Besarnya reaktansi trafo tenaga 1 di GIS Kalisari adalah 13%, agar dapat mengetahui besarnya reaktansi trafo urutan positif, negatif dan nol dalam ohm , maka perlu dihitung dulu besar reaktansi trafo dalam 100% nya. Besar nilai ohm pada 100% yaitu:

$$X_T \text{ (pada 100\%)} = \left(\frac{kV^2}{MVA} \right) = \left(\frac{20kV^2}{60MVA} \right) = 6,667 \text{ Ohm}$$

Nilai reaktansi trafo tenaga:

- Reaktansi urutan positif, negative ($X_{T1} = X_{T2}$)
 $X_{T1} = 13\% \times 6,667 = 0,866666667 \text{ Ohm}$

- Reaktansi urutan nol (X_{T0})

Karena trafo daya yang mensuplay penyulang Kalisari mempunyai hubungan Ynyn maka besarnya: $X_{T0} = X_{T1} = 0,866666667 \text{ Ohm}$

3.4. Perhitungan Impedansi Penyulang

Dari data yang diperoleh bahwa jenis penghantar yang digunakan pada penyulang Kalisari merupakan tipe penghantar A3C 240 mm². Panjang penyulang = 7,1 km

$$Z_1=Z_2= (4 +j 8) \Omega / m \times m = 0,9514+j2,2418 \text{ Ohm}$$

$$Z_0= (0,3631+j 8) \Omega / m \times m = 2,5780+j11,4878 \text{ Ohm}$$

Demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan dengan jarak 0% - 100% panjang penyulang Kalisari 03 adalah sebagai berikut:

- Untuk urutan positif dan negatif

Perhitungan untuk impedansi penyulang pada jarak 0% panjang penyulang:

$$Z_1 = 0\% \times (0,9514+j2,2418) = 0 \text{ Ohm}$$

Perhitungan untuk impedansi penyulang pada jarak 5% panjang penyulang:

$$Z_1 = 5\% \times (0,9514+j2,2418) = 0,0476+j0,1121 \text{ Ohm}$$

- Untuk impedansi urutan nol

Perhitungan untuk impedansi penyulang pada jarak 0% panjang penyulang:

$$Z_0 = 0\% \times (2,5780+j11,4878) = 0 \text{ Ohm}$$

Perhitungan untuk impedansi penyulang pada jarak 5% panjang penyulang:

$$Z_0 = 5\% \times (2,5780+j11,4878) = 0,1289+j0,574 \text{ Ohm}$$

3.5. Perhitungan Impedansi Total (ekivalen jaringan)

- Untuk impedansi urutan positif dan negative

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = X_s + X_t + Z_1 \text{ penyulang} \\ = j0,1948 + j0,86666667 + Z_1$$

penyulang (missal jarak 0%)

$$= j1,0614666667 + 0 = j1,06146667$$

- Untuk impedansi urutan nol

$$Z_{0eq} = X_{t0} + 3 R_N + Z_0 \text{ penyulang} \\ = j0,0866666667 + 3.0 + 0 \text{ (missal untuk jarak 0\%)} \\ = 0 + j0,0866666667$$

3.6. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Setelah mendapatkan impedansi ekivalen sesuai dengan lokasi gangguan, selanjutnya perhitungan arus gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar seperti yang dijelaskan sebelumnya, hanya saja impedansi ekivalen mana yang dimasukkan ke dalam rumus dasar tersebut bisa gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa atau 1 fasa ke tanah.

- Gangguan hubung singkat 3 fasa

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat 3 fasa adalah:

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

Sehingga arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_{3\text{fasa}} = \frac{V}{Z}$$

Arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada jarak 0% jaringan.

$$I_{3\text{fasa}} = \frac{20000/\sqrt{3}}{0+j1,0615} = 10878,01 \text{ Ampere}$$

- Gangguan hubung singkat 2 fasa

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat 2 fasa adalah:

$$I_{2\text{fasa}} = \frac{V_{\text{ph-ph}}}{Z_{1eq}+Z_{2eq}} \\ = \frac{20000}{2(0+j1,0615)} = 9420,63 \text{ Ampere}$$

- Gangguan hubung singkat 1 fasa

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat 1 fasa adalah:

$$\text{impedansi urutan nol } (Z_{0eq}) \\ = \frac{3 \times 20000/\sqrt{3}}{2(0+j1,0615)+0+j0,8667} = 11586,78 \text{ Ampere}$$

3.7. Koordinasi setting OCR antara Incoming 1 terhadap Outgoing Kalisari 03

Koordinasi pengaman merupakan kinerja dua buah pengaman atau lebih pada jaringan listrik yang saling mendukung atau melengkapi dalam melakukan proses tugasnya. Rele arus lebih ini harus dikoordinasikan untuk memastikan bahwa peralatan yang berada di titik terdekat dengan gangguan harus dioperasikan terlebih dahulu. Pada incoming 1 Kalisari, trafo arus yang terpasang mempunyai rasio 2000/1 Ampere, sedangkan rasio trafo arus outgoing Kalisari 03 adalah 400/1

Ampere. Rele arus lebih di sisi incoming maupun outgoing menggunakan karakteristik *standart inverse*. Artinya adalah dimana waktu tunda rele mempunyai karakteristik tergantung besarnya arus gangguan. Koordinasi rele arus lebih pada jaringan distribusi Kalisari 03 dimulai dari hulu ke hilir yaitu dari *incoming feeder* dan *outgoing feeder* sampai ke ujung jaringan.

3.7.1. Perhitungan Setting OCR

Dalam menentukan I_{Set}(primer) menggunakan kaidah dari kesepakatan bersama pengelolaan bersama trafo-penyulang di pola koordinasi proteksi wilayah jawa tengah

1. Setelan Rele Arus Lebih (OCR) sisi outgoing 20 kV

Untuk mencari arus *setting* pada OCR dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan .

$$I_{\max\text{beban}} : 400 \text{ Ampere}$$

$$I_{\text{setprimer}} : K \times I_{\max\text{beban}} \text{ (Kesepakatan proteksi 2011)}$$

$$: 1,2 \times 400 : 480 \text{ Ampere}$$

$$CT_{\text{outgoing}} : 400/1$$

Dalam menentukan setting OCR digunakan arus gangguan hubung singkat dua fasa terbesar yaitu besar arus gangguan hubung singkat dua fasa apabila diasumsikan gangguan terletak pada 0% panjang jaringan.

$$I_{HS(L-L)} : 9420,63 \text{ Ampere}$$

Nilai arus tersebut adalah nilai setelan pada sisi primer, sedangkan nilai yang akan di setkan pada rele adalah nilai sekundernya. Oleh karena itu dihitung menggunakan nilai rasio trafo arus yang terpasang pada penyulang.

Besarnya arus pada sisi sekundernya adalah :

$$I_{\text{set sekunder}} = \frac{I_{\text{set primer}}}{\frac{I_{\text{set primer}}}{400/1}} = \frac{480}{400/1} = 1,2 \text{ Ampere}$$

Dengan demikian, jika ada arus yang mengalir pada OCR melebihi 1,2 Ampere di sisi sekundernya, maka OCR akan bekerja dan PMT akan *trip*

Besar arus gangguan (I_{hs}) untuk hubung singkat 2 fasa terdekat dengan PMT *Outgoing* (pada lokasi 0 km) yaitu sebesar 9420,63 Ampere. Waktu kerja yang ditetapkan $t_k = 0,6$ detik (keputusan ini diambil agar rele tidak sampai trip lagi akibat adanya arus *inrush* dari trafo-trafo distribusi yang sudah tersambung di jaringan distribusi pada saat PMT *outgoing* tersebut dimasukkan) dengan kurva yang digunakan kurva *StandardInverse* sesuai persamaan (2.2). Jadi didapat :

$$TMS = \frac{t \cdot \left(\left(\frac{I_{hs}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14}$$

$$TMS = \frac{0,6 \cdot \left(\left(\frac{9420,63}{480} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} = 0,263$$

Pemeriksaan waktu kerja rele berdasarkan panjang jaringan:

- Untuk panjang jaringan 0% dengan arus hubung singkat 9420,63 A

$$t_k = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s} \right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,263}{\left(\frac{9420,63}{480} \right)^{0,02} - 1} = 0,600 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 5% dengan arus hubung singkat 8513,85 A

$$t_k = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s} \right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,263}{\left(\frac{8513,85}{480} \right)^{0,02} - 1} = 0,622 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 25% dengan arus hubung singkat 6100,35 A

$$t_k = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s} \right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,263}{\left(\frac{6100,35}{480} \right)^{0,02} - 1} = 0,705 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 50% dengan arus hubung singkat 4477,07 A

$$t_k = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s} \right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,263}{\left(\frac{4477,07}{480} \right)^{0,02} - 1} = 0,807 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 75% dengan arus hubung singkat 3528,15 A

$$t_k = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s} \right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,263}{\left(\frac{3528,15}{480} \right)^{0,02} - 1} = 0,920 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 100% dengan arus hubung singkat 2908,88 A

$$t_k = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s} \right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,263}{\left(\frac{2908,88}{480} \right)^{0,02} - 1} = 1,003 \text{ detik}$$

2. Setelan Rele Arus Lebih (OCR) sisi incoming 20 kV

Penentuan setelan rele arus lebih pada sisi incoming 20 kV trafo tenaga sama halnya dengan di sisi outgoing, yaitu harus diketahui terlebih dahulu nilai arus nominal trafo tenaga tersebut.

Data yang diperlukan :

$$I_n(\text{sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{kVA}{kV \sqrt{3}} = \frac{60000}{20 \sqrt{3}} = 1732 \text{ Ampere}$$

$$I_{\text{Set(Primer)}} = 1,2 \times I_{\text{Beban}} = 1,2 \times 1732 \text{ Ampere}$$

$$= 2000 \text{ Ampere}$$

$$I_{\text{Set(Sekunder)}} = I_{\text{Set(Primer)}} \times \frac{1}{\text{ratio CT}}$$

$$= 2000 \times \frac{1}{2000/1} = 1 \text{ A}$$

Arus gangguan untuk menentukan besarnya *setting* TMS rele OCR sisi *incoming* 20 kV yaitu arus gangguan hubung singkat dua fasa di 0% panjang penyulang. Waktu kerja *incoming* didapat dengan waktu kerja rele disisi hilir + 0,4 detik.

Selisih waktu antara satu rele dengan rele di depan atau dibelakangnya adalah 0,4s.d 0,5 detik didapatkan dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Kesalahan rele waktu = 0,2 detik
- Waktu pembukaan PMT sampai hilangnya bunga api = 0,06 s.d 0,14 detik
- Faktor keamanan = 0,05 detik
- Kelambatan rele arus lebih pembantu = 0,05 detik

Jadi waktu kerja pada *incoming* 20 kV apabila terjadi gangguan pada 0% panjang jaringan, diinginkan waktu selama 1 detik. Waktu ini diambil berdasarkan pertimbangan ketahanan trafo tenaga terhadap arus hubung singkat maksimal. Menurut standar IEC ketahanann trafo terhadap hubung singkat eksternal adalah 2 detik, tetapi untuk memperpanjang usia trafo maka pada sisi *incoming* ditetapkan terjadi pemutusan maksimal 1 detik. Besar arus gangguan (I_{hs}) untuk hubung singkat 2 fasa terdekat dengan PMT *Incoming* (pada lokasi 0 km) yaitu sebesar 9420,63 Ampere. kurva *standard inverse*.

$$t_{\text{incoming}} = (0,6 \text{ detik} + 0,4 \text{ detik}) = 1 \text{ detik}$$

$$TMS = \frac{t \cdot \left(\left(\frac{I_{hs}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14}$$

$$TMS = \frac{1 \cdot \left(\left(\frac{9420,63}{2000} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} = 0,225$$

Pemeriksaan waktu kerja rele berdasarkan panjang jaringan:

- Untuk panjang jaringan 0% dengan arus hubung singkat 9420,63 A

$$tk = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,225}{\left(\frac{9420,63}{2000}\right)^{0,02} - 1} = 1,000 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 5% dengan arus hubung singkat 8513,85 A

$$tk = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,225}{\left(\frac{8513,85}{2000}\right)^{0,02} - 1} = 1,072 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 25% dengan arus hubung singkat 6100,35 A

$$tk = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,225}{\left(\frac{6100,35}{2000}\right)^{0,02} - 1} = 1,400 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 50% dengan arus hubung singkat 4477,07 A

$$tk = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,225}{\left(\frac{4477,07}{2000}\right)^{0,02} - 1} = 1,944 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 75% dengan arus hubung singkat 3528,15 A

$$tk = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,225}{\left(\frac{3528,15}{2000}\right)^{0,02} - 1} = 2,763 \text{ detik}$$

- Untuk panjang jaringan 100% dengan arus hubung singkat 2908,88 A

$$tk = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} = \frac{0,14 \cdot 0,225}{\left(\frac{2908,88}{2000}\right)^{0,02} - 1} = 4,200 \text{ detik}$$

Tabel 3.1 Data Eksisting Setting Rele di Incoming 1 dan Outgoing KLS 03

Alat	Data Perhitungan	
	TMS	Kurva
PMT Outgoing	0,27	SI
PMT Incoming	0,24	SI

Tabel 3.2 Data Eksisting Waktu kerja rele diIncoming 1 dan Outgoing KLS 03

Persen Panjang (%)	Waktu Kerja Rele (detik)			Grading Time (detik)
	Incoming	Outgoing		
	0	1,066	0,616	
5	1,143	0,638	0,505	
25	1,493	0,724	0,769	
50	2,074	0,827	1,247	
75	2,947	0,928	2,019	
100	4,480	0,915	3,565	

Tabel 3.3 Data Perhitungan Setting rele di Incoming 1 dan Outgoing KLS 03

Alat	Data Perhitungan	
	TMS	Kurva
PMT Outgoing	0,263	SI
PMT Incoming	0,225	SI

Tabel 3.4 Data Perhitungan Waktu kerja rele diIncoming 1 dan Outgoing KLS 03

Persen Panjang (%)	Waktu Kerja Rele (detik)			Grading Time (detik)
	Incoming	Outgoing		
	0	1,000	0,600	
5	1,072	0,622	0,450	
25	1,400	0,705	0,695	
50	1,944	0,807	1,137	
75	2,763	0,920	1,843	
100	4,200	1,003	3,197	

Tabel 3.1 dan 3.2 di atas dapat dianalisa bahwa data yang ada di lapangan masih dalam kondisi yang baik dibuktikan dengan waktu kerja rele di *incoming* lebih lama dibanding waktu kerja rele di *outgoing* dengan selisih waktu (*gradding time*) sehingga tidak terjadi *overlap* antar pengamanan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan, perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

Dari lokasi gangguan mempengaruhi besar kecilnya arus gangguan dan kecepatan waktu kerja rele. Semakin jauh lokasi gangguan dari Gardu Induk maka arus hubung singkatnya semakin kecil dan waktu kerja rele semakin lama.

Dari lokasi gangguan juga mempengaruhi selisih waktu kerja (*gradding time*) bekerjanya rele. Semakin jauh jarak lokasi gangguan, maka semakin besar selisih waktu kerja rele di *incoming* 20 kV. Hal ini bertujuan memberi kesempatan pada rele di *outgoing* untuk bekerja terlebih dahulu sebagai pengamanan utama apabila terjadi gangguan hubung singkat di jaringan dan rele di *incoming* bekerja sebagai cadangan apabila rele di *outgoing* tidak bekerja.

Rele OCR pada sisi *incoming* maupun *outgoing* 20 kV, sudah berkoordinasi dengan baik. Terlihat dari tidak adanya kurva yang saling berpotongan satu sama lain.

Dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan *setting OCR* yang ada di lapangan masih dalam kondisi baik dan aman terbukti dengan tidak adanya kurva *OCR Incoming* dan *OCR Outgoing* yang saling berpotongan dan rele pada sisi *Outgoing* bekerja terlebih dahulu sebagai pengaman utama saat terjadi gangguan sedangkang rele pada sisi *Incoming* bekerja sebagai *backup* apabila rele pada *Outgoing* tidak bekerja.

Referensi

- [1]. Pramitasari, Anggi. 2013. *Studi Koordinasi OCR dan GFR Incoming 20 kV Dengan OCR dan GFR Outgoing 20 kV Feeder Kudus 04 di Gardu Induk Kudus*. Penelitian (tidak diterbitkan). Semarang: Politeknik Negeri Semarang
- [2]. Dewi, Sartika. 2013. *Koordinasi Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Incoming 2 dengan Penyulang KDS 4 dan KDS 5 pada Jaringan Double Circuit*. Penelitian (tidak diterbitkan). Semarang: Universitas Diponegoro
- [3]. Affandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Penyulang Sadewa di GI Cawang*. Skripsi (tidak diterbitkan). Jakarta: Universitas Indonesia
- [4]. Sarimun, Wahyudi N., Ir., M.T. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik* Jakarta : Garamond
- [5]. Pribadi K, Wahyudi. *Analisa Sistem Tenaga..* (t.t) Materi Pelatihan (tidak diterbitkan). Jakarta: PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- [6]. Perpustakaan online ITS. <http://digilib.its.ac.id/TTS-Undergraduated-12/proteksi> diakses tanggal 1 Juni 2014 pukul 20.35 WIB
- [7]. Bayu Susatyo. <http://stdelaboratory.blogspot.com> diakses tanggal 1 Juni 2014 pukul 20.40 WIB
- [8]. PT. PLN (Persero) P3B Jawa Bali. <http://pln.co.id/p3bjawabali/?p=451> diakses tanggal 2 Juni 2014 pukul 19.30 WIB