

KOORDINASI SISTEM PENGAMAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20KV DI PT. PLN (PERSERO) APJ GEDONG KUNING YOGYAKARTA

Angelito da Conceicao¹, Ir. Wiwik Handajadi, M. Eng², Ir. Gatot Santoso, MT.³
¹Mahasiswa, ²Dosen Pembimbing 1, ³Dosen Pembimbing 2

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi Akprind, Yogyakarta

Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol, Pos 45 Yogyakarta 55222

angelito.conceicao08@gmail.com¹, wiwikhan2@gmail.com²

INTISARI

Kelistrikan di Jawa Tengah menganut sistem pentanahan langsung sepanjang jaringan (*solidly grounded common neutral*) sehingga arus gangguan yang terjadi sangat besar, maka dibutuhkan koordinasi yang baik antara pengaman yang satu dengan yang lain, koordinasi sistem proteksi berperan sangat penting untuk menjamin keandalan sistem penyaluran tenaga listrik. Dengan menganalisa besar arus gangguan yang terjadi dan memperhatikan karakteristik serta pola setting PMT *outgoing* 20 kV dan recloser di tiang B4-47 pada *feeder* Jajar 4 diharapkan dapat menentukan koordinasi yang baik sehingga tidak terjadi *malfunction*. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa ada kemungkinan terjadi kegagalan proteksi antara PMT *outgoing* 20 kV dan *recloser* di tiang B4-47 pada *feeder* Jajar 4 yaitu letak *recloser* berada pada daerah kerja PMT *outgoing* 20 kV yaitu 2,5 km dari gardu induk, agar tidak terjadi *malfunction* letak *recloser* sebaiknya pada jarak 6,3 km dari gardu induk.

Kata kunci : koordinasi proteksi, PMT *outgoing*, *recloser*, relai arus lebih, relai gangguan tanah.

ABSTRACT

Electricity in Central Java includes solidly grounded common neutral. So disturbed current which occur is very big. So needs good coordination between one protector with another else, protection coordination system very important for guaranteed reliable electricity distribution system. With analizm big of disturbed current which occur and looking for characteristic and setting PMT outgoing 20kV and recloser in pole B4-47 at feeder Jajar 4 hopes can definites coordination, so did not occur malfunction. From result from experiment that any possible malfunction between PMT outgoing with recloser in pole B4-47 at feeder Jajar 4, that is recloser position in work area PMT outgoing 20kV is 2,5 km from gardu induk. For did not occur malfunction recloser position more good in distance 6,3km from gardu induk.

Keywords: coordination protection, PMT outgoing, recloser, over current relay, ground fault relay.

I. PENDAHULUAN

Keandalan suatu sistem distribusi listrik tidak lepas dari peralatan proteksi yang digunakan yang berfungsi melindungi peralatan dari gangguan. Salah satu gangguan yang terjadi adalah gangguan hubung singkat. Gangguan ini dapat diatasi dengan menggunakan rele proteksi dan peralatan pemutus rangkaian yang bekerja secara bersama yang disebut sistem proteksi. Akan tetapi apabila setting sistem proteksi ini tidak efektif hal ini akan menyebabkan peralatan proteksi bekerja tidak semestinya.

Angka lama pemadaman / gangguan atau yang disebut SAIDI (*System Average*

Interruption Duration Index) dan angka seringnya pemadaman / gangguan atau yang disebut SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*). yang tidak perlu, Kwh yang hilang bertambah besar, dan resiko rusaknya peralatan bertambah banyak. Akan tetapi apabila setting sistem proteksi ini tidak efektif hal ini akan menyebabkan peralatan proteksi bekerja tidak semestinya. Sehingga hanya akan menambah angka SAIDI, SAIFI yang tidak perlu, Kwh yang hilang bertambah besar, dan resiko rusaknya peralatan bertambah banyak. PT. PLN (Persero) Yogyakarta ini Penyulang terbagi menjadi beberapa seksi yang masing-masing seksi dilindungi oleh Recloser dan PMT dengan rele OCR (*Over Current*

Relay) dan GFR (*Ground Fault Relay*) sebagai pengindranya. Untuk meminimalisir pemadaman yang terjadi akibat gangguan setiap relei mempunyai interfal waktu untuk PMT (Pemutus Tenaga) /*Recloser* bekerja dengan tetap memperhatikan aspek selektifitas yaitu hanya PMT /*Recloser* yang dekat dengan gangguan yang bekerja. Dengan setting relei yang yang tepat maka tingkat keandalan sistem tenaga akan dapat tercapai.

II. METODOLOGI

Beberapa metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Pengolahan Data

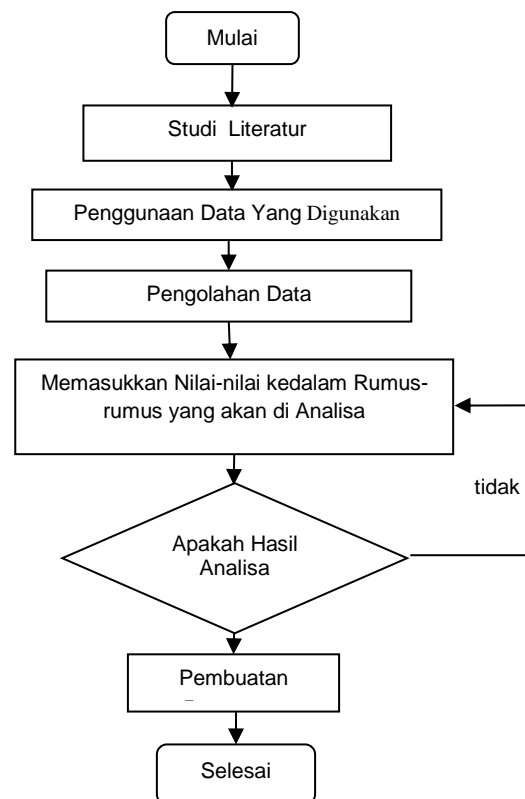
Untuk mengetahui koordinasi sistem proteksi antara pmt *outgoing* 20 kV dengan *recloser*, perlu dilakukan penelitian dengan mengumpulkan berbagai data yang berkaitan dengan judul pembahasan. Dalam proses pengambilan data ini dilakukan dengan metode survei yang bertujuan agar dapat memperoleh data yang sesuai dengan kondisi sebenarnya, dan juga menggunakan metode studi literatur yaitu mengumpulkan data dari berbagai buku referensi atau laporan ilmiah yang mendukung untuk memberikan gambaran yang sesuai.

B. Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penyusunan dan pengambilan data skripsi adalah :

1. Metode Studi Pustaka
2. Metode Dokumentasi
3. Metode Survei

Untuk lebih lengkap dan jelas penulis membuat diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian yang dilakukan oleh penulis guna menyelesaikan penulisan laporan seperti pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada sistem pengamanan atau proteksi yang digunakan. Oleh sebab itu dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem, melalui analisa gangguan.

I. Hal Yang Harus Diperhatikan Dalam Koordinasi Proteksi Antara PMT *Out going* 20 KV dengan *Recloser*.

Koordinasi proteksi antara PMT *Outgoing* 20 KV dengan *recloser* yang baik harus memperhatikan hal – hal berikut:

- a. Ketepatan pada setting *recloser* sehingga ada koordinasi yang baik dengan PMT *Outgoing*, seperti:

1. Kurva proteksi *recloser* tidak berpotongan dengan kurva proteksi PMT *outgoing*, sehingga pada nilai gangguan tertentu, *recloser* akan trip terlebih dahulu daripada PMT *outgoing*.
 2. Perbedaan waktu pemutusan gangguan antara *recloser* dengan relai PMT *outgoing* tidak terlalu pendek.
- b. Jarak *recloser* dari gardu induk jangan terlalu dekat, karena bisa saja daerah kerja *recloser* masih masuk dalam daerah kerja *moment* PMT *outgoing*.

II. Data dan Fakta Yang Diperlukan

1. Data *record* gangguan di zone 2 yang menyebabkan PMT *outgoing* 20 kV feeder Bantul trip.

Recloser di tiang : B4-7 feeder Bantul Merk : NULEC

Tabel 1 Pengukuran Arus

TGL	JAM	ARUS (A)				Keterangan
		IA	IB	IC	IN	
07/11/2011	01:20:03.43	3500			3388	Source Suply off
21/10/2011	16:43:08.98			2904	2815	Source Suply off
16/09/2011	20:42:48.87			7074	6967	Source Suply off
18/06/2011	18:16:04.99		5304		5113	Source Suply off
02/04/2011	14:39:21.29			5399	5255	Source Suply off
22/02/2011	11:37:40.72			4807	4706	Source Suply off

2. Jarak *Recloser* dari gardu induk 2,5 km.
3. Data setting *recloser* dan PMT *outgoing* 20 kV feeder Bantul gardu induk Bantul.

B. Pembahasan

Untuk menganalisa sudah tepatkah koordinasi antara PMT *outgoing* dengan *recloser*, maka perlu diketahui beberapa hal, yaitu:

Kurva koordinasi PMT *outgoing* 20 kV dan *recloser*

Pada prinsipnya koordinasi antara *recloser* dan PMT *outgoing* adalah waktu kerja *recloser* harus lebih cepat dari waktu kerja PMT *outgoing* secara sederhana dapat dirumuskan:
 $t_{kerja\ Rec} < t_{kerja\ PMT\ outgoing}$

Dalam koordinasi antara PMT dengan PBO/*recloser* ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan, yaitu:

- a. Gerakan dari relai PMT, yaitu seberapa jauh piringan induksi (*induction disk*) relai arus lebih bergerak untuk setiap *tripping recloser*.
- b. Waktu reset dari piringan induksi untuk kembali pada posisi semula.

Prinsip-prinsip dalam koordinasi antara PMT dengan *recloser*, antara lain:

1. Jika terjadi gangguan di zona pengaman *recloser*, maka *recloser* memisahkan gangguan terlebih dahulu sebelum PMT bekerja (membuka).
2. Jumlah total gerakan dari relai (*relay travel*) PMT selama *recloser* beroperasi lengkap buka tutup tidak boleh lebih besar dari 100%. Apabila hasil penjumlahan lebih besar atau sama dengan 100% maka PMT akan trip sebelum *recloser lock out* (mengunci).

a. Data Setting Relai PMT *outgoing* 20 kV Bantul

Tabel 2. Setting PMT Rasio CT = 400/1

Lokasi GI	MVA	Feeder	MERK RELAY	SETTING PENYULANG 20 KV	
				SETT OCR	SETT GFR
Bantul	60	4	MCGG	Ist : 1,2	Ist : 0,5
				Tx : 0,20	Tx : 0,20
TRAFO 1			52	Im : 9xIst	Im : 12xIst
				Crv: SI	Crv: SI

Sumber : Data Setting PT.PLN (Persero) APJ Gedong Kuning Yogyakarta

Setting : OCR : (I_>) = 1,2 x I_n

$$= 1,2 \times 400 \times 480 \text{ A}$$

GFR : (I_{0>}) = 0,5 x I_n

$$= 0,5 \times 400 \times 200 \text{ A}$$

Keterangan : I_> = Arus Setting OCR (OverCurrent Relay)

I_{0>} = Arus Setting GFR (Ground Fault Relay)

In = Ratio CT (Current Transformator)

b. Data Setting Recloser di Tiang B4-11

Tabel 3. Setting Recloser

LOKASI RECLOSER	FEEDER	MERK RECLOSER	SETTING PENYULANG 20 KV	
			SETT OCR	SETT GFR
B4-11	Bantul	Nulec	Ist : 350 A	Ist : 175 A
			Tx : 0,05	Tx : 0,05
			Im : 1750 A	Im : 1050 A
			Crv : SI	Crv : SI

Sumber: Data Setting PT.PLN (Persero) APJ Gedong Kuning Yogyakarta

Keterangan:

1. Perhitungan settingan PMT, yaitu:

- a. Arus setting moment OCR ($I_{>>}$) didapat dari perhitungan sebagai berikut:
 $I_{>>} = 9 \times I_{>} = 9 \times 480 = 4320 \text{ A.}$
- b. Arus setting moment GFR ($I_{0>>}$) didapat dari perhitungan sebagai berikut:
 $I_{0>>} = 12 \times I_{0>} = 12 \times 200 = 2400 \text{ A.}$

Keterangan:

- $I_{>} =$ Arus Setting OCR (Over Current Relay)
- $I_{0>} =$ Arus Setting GFR (Ground Fault Relay)
- $I_{>>} =$ Arus Moment OCR (Over Current Relay)
- $I_{0>>} =$ Arus Moment GFR (Ground Fault Relay)

2. Perhitungan settingan recloser, yaitu:

- a. Arus setting moment OCR didapat dari perhitungan sebagai berikut:
 $I_{>>} = 5 \times I_{>}$
 $= 5 \times 350 = 1750 \text{ A.}$
- b. Arus setting moment GFR didapat dari perhitungan sebagai berikut:
 $I_{0>>} = 6 \times I_{0>}$
 $= 6 \times 175 = 1050 \text{ A.}$

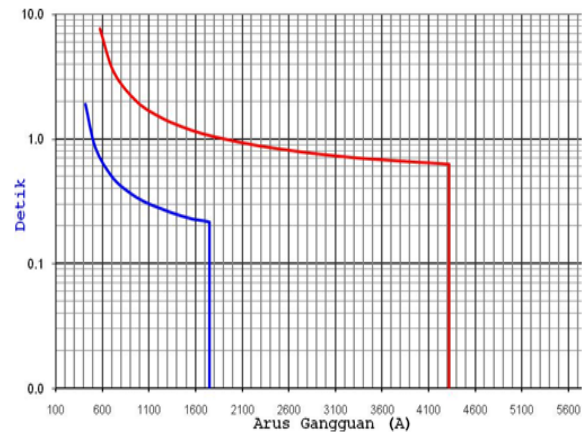
Keterangan:

- $I_{>} =$ Arus Setting OCR (Over Current Relay)
- $I_{0>} =$ Arus Setting GFR (Ground Fault Relay)

$I_{>>} =$ Arus Moment OCR (Over Current Relay)

$I_{0>>} =$ Arus Moment GFR (Ground Fault Relay)

Dari data setting OCR PMT *outgoing* 20 kV *feeder* Bantul 4 dapat diperlihatkan kurva koordinasinya sebagai berikut:



Keterangan:

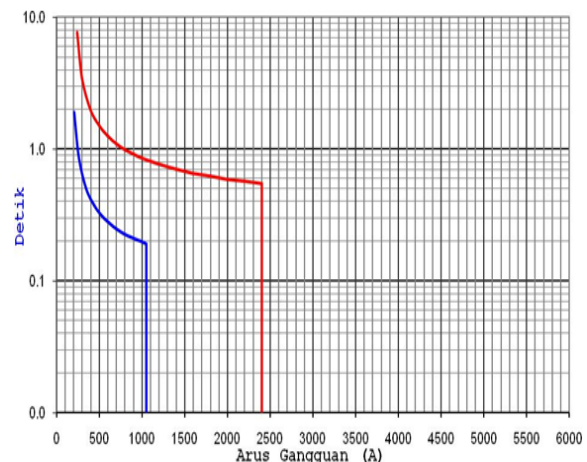
Warna biru = Kurva *recloser* Bantul 4

Warna merah = Kurva OCR PMT *outgoing* Bantul

Gambar 4.1 Kurva koordinasi OCR PMT *outgoing* dengan *recloser*

Dari gambar kurva diatas diketahui bahwa *recloser* akan trip jika arus lebih mencapai 1750 A yang akan trip pada detik 0,19 dan pada kurva PMT diketahui PMT akan trip pada arus 4320 A pada detik 0,59.

Dan untuk kurva koordinasi GFR PMT *outgoing* dan *recloser* yang di dapat dari data setting GFR PMT *outgoing* 20 kV *feeder* Bantul 4 adalah sebagai berikut:



Keterangan:

Warna biru = Kurva *recloser* Bantul 4

Warna merah = Kurva GFR PMT *outgoing*
Bantul 4

Gambar 4.2 Kurva koordinasi GFR PMT *outgoing* dengan *recloser*

Dari kedua kurva tersebut, dapat dilihat bahwa koordinasi proteksi antara *recloser* dan PMT *outgoing* sesuai dengan prinsip koordinasi proteksi. Kurva proteksi *recloser* berada di bawah kurva proteksi PMT *outgoing*. Berarti *recloser* akan mendeteksi gangguan lebih cepat dari pada PMT *outgoing* bila terjadi gangguan sesudah *recloser* (zone 2).

Perbedaan waktu kerja antara *recloser* dan PMT *outgoing*

Pada kurva koordinasi OCR PMT *outgoing* dengan *recloser* dapat dilihat waktu kerja PMT maupun waktu kerja *recloser*. Waktu kerja tersebut diperoleh dari proses perhitungan sebagai berikut:

- Waktu kerja PMT
 $t = k \times tms$
 $= 2,97 \times 0,2$
 $= 0,59 \text{ s}$
- Waktu kerja *recloser*
 $u = k \times tms$
 $= 3,84 \times 0,05$
 $= 0,19 \text{ s}$

Keterangan:

K = ketetapan kurva SI (*standart inverse*) yang diambil setelah faktor kali arus moment.

tms = *time multiple setting*.

Waktu kerja tersebut juga dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{0.14 \times tms}{\left[\left[\frac{I_f}{I_{SET}} \right]^{0.002} - 1 \right]}$$

Keterangan:

I_f : arus gangguan di titik 1 % dari panjang *feeder*

Iset : arus setting

t : waktu trip

tms : *time multiple setting*

(Kadarisman, P, 2001, Makalah Koordinasi Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah).

Agar terdapat koordinasi proteksi yang baik, *grading margin* antara *recloser* dengan relai PMT *outgoing* adalah 0,5 detik. Hal ini untuk memperhitungkan waktu yang dibutuhkan *recloser* untuk memutus beban sepenuhnya. Ketika *recloser* merasakan gangguan yang berada di daerah pengamanannya, maka dalam waktu t detik *recloser* akan memutus PMTnya. Sedangkan relai PMT *outgoing* merespon gangguan tersebut dengan waktu (t + 0,5) detik. Sehingga diharapkan selama *interval* waktu 0,5 detik tersebut *recloser* sudah mengisolir gangguan tanpa menyebabkan PMT *outgoing* trip.

Jika dilihat dari kurva koordinasi diatas perbedaan waktu kerja antara PMT *outgoing* dan *recloser* tidak lebih dari 0,5 tapi hanya 0,4. Dapat diketahui bahwa koordinasi proteksi antara PMT *outgoing* dan *recloser* di penyulang Bantul 4 hanya terpenuhi 80% saja.

Perhitungan arus hubung singkat penyulang Bantul 4

Berdasarkan perhitungan arus hubung singkat, dapat diketahui apakah *recloser* termasuk dalam daerah kerja moment PMT *outgoing*. Tempat pemasangan *recloser* seharusnya tidak termasuk dalam daerah kerja moment PMT *outgoing*, sebab pada daerah kerja moment relai pada PMT *outgoing* akan bekerja dengan waktu yang cepat (tanpa perlambatan waktu). Akibatnya tidak akan terjadi koordinasi proteksi antara *recloser* dengan PMT *outgoing*. Perhitungan arus hubung singkat pada jarak 6,3 km jaringan tiga fasa dari GI penyulang Bantul 4.

• **Diketahui**

1	Trafo	
	Daya	: 60 MVA
	Tegangan Tinggi	: 150 kV
	Tegangan Rendah	: 20 kV
	Impedansi	: 12,98 %
2	Saluran	
	Impedansi Urut + (Z1)	: 0,1344 + j 0,3135 Ohm
	Impedansi Urut - (Z2)	: 0,1344 + j 0,3135 Ohm
	Impedansi Urut 0 (Z0)	: 0,564 + j 1,0604 Ohm
3	Sistim	
	Arus Hubung Singkat 3 Fasa	: 13220,83 A
	MVA _{sc}	: 2972,3096 MVA
4	Jarak Gangguan dari GI	: 6,3 Km
5	Dasar (base)	
	Daya Base	: 60 MVA
	Tegangan Base	: 20 kV

• **Perhitungan:**

Impedansi sumber urutan + (Z_{sc1})

$$= \frac{E \text{ fasa} - \text{ fasa} 2}{MVA_{sc}}$$

$$= \frac{20^2}{2972.3096} = 0.135 \text{ ohm}$$

Impedansi sumber urutan 0 (Z_{sc0})

$$= 3 \times Z_{sc1}$$

$$= 3 \times 0,135 = 0,404 \text{ ohm}$$

Reaktansi trafo =

$$\frac{E \text{ fase} - \text{ fase} 2}{Kapabilitas \text{ trafo}} \times \text{ Impedansi Trafo}$$

$$= \frac{20^2}{60} \times 12.98\% = 0.8653 \text{ ohm}$$

$$\text{Impedansi saluran urutan} + (Z_{TM1}) =$$

$$= \text{ Impedansi Saluran Urutan (+) X Jarak Gangguan}$$

$$= (0,1344 + j0,3135) \times 6,3 = 0,84672 + j1,9751 \text{ Ohm}$$

Impedansi Saluran urutan 0 (Z_{TM0}) =

$$= \text{ Impedansi saluran urutan (0) x jarak gangguan}$$

$$= (0,564 + j1,0604) \times 6,3 = 3,5532 + j6,681 \text{ Ohm}$$

Impedansi ekuivalen $Z_1 = Z_{TM1} + j(\text{Reaktans Trafo} + Z_{sc1} + Z_{TM1})$

$$= 0,847 + j(0,8653 + 0,135 + 1,9751)$$

$$= 0,847 + j2,975 \text{ Ohm}$$

Impedansi ekuivalen $Z_0 = Z_{TM0} + j(\text{Reaktans Trafo} + Z_{sc0} + Z_{TM0})$

$$= 3,5532 + j(0,8653 + 0,404 + 6,681)$$

$$= 3,55 + j7,950 \text{ Ohm}$$

Dari perhitungan diatas akan didapat arus hubung singkat sebagai berikut:

• **Arus Hubung Singkat 3 Fasa**

$$I_{HS \ 3PH} = \frac{E}{Z_1}$$

$$= \frac{20000 / \sqrt{3}}{\sqrt{0,847^2 + 2,975^2}} = 3773.141 \text{ Ampere}$$

• **Arus Hubung Singkat 2 Fasa**

$$I_{HS \ 3PH} = \frac{E}{(Z_1 + Z_2)}$$

$$= \frac{20000}{2 \times \sqrt{0,847^2 + 2,975^2}} = 3232.995 \text{ Ampere}$$

• **Arus hubung singkat 1 fasa**

$$I_{HS \ 1PH} = \frac{E}{(Z_1 + Z_2 + Z_0)}$$

$$= \frac{3 \times 20000}{\sqrt{3}} / (3.093 + 3.093 + 8.708)$$

$$= 2325.877 \text{ Ampere}$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan arus hubung singkat pada penyulang Bantul 4 untuk beberapa titik gangguan.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Penyulang Bantul 4

Lokasi Gangguan	3 Fasa (Ampere)	2 Fasa (Ampere)	1 Fasa (Ampere)
0 km	11548.06	10000.91	11548.06
2.1 km	7180.32	5944.93	4909.93
3.15 km	5682.51	4921.19	3847.33
4.2 km	4842.75	4193.94	3159.98
5.7 km	3995.18	3459.92	2515.83
6.3 km	3773.14	3232.99	2325.88
7.35 km	3348.28	2899.69	2054.22
8.4 km	3034.96	2628.35	1839.23
9.45 km	2775.02	2403.23	1664.89
10.5 km	2555.94	2213.50	1520.68

Arus gangguan maksimum adalah arus gangguan yang terjadi pada jarak yang paling dekat dengan gardu induk.

$$I_{hs3fasa}^{max} = 11548,06 \text{ A}$$

$$I_{hs2fasa}^{max} = 10000,91 \text{ A}$$

$$I_{hs1fasa}^{max} = 11548,06 \text{ A}$$

Arus gangguan minimum adalah arus gangguan yang terjadi pada jarak terjauh dari gardu induk atau pada ujung penyulang.

$$I_{hs3fasa}^{min} = 2555.94 \text{ A}$$

$$I_{hs2fasa}^{min} = 2213.50 \text{ A}$$

$$I_{hs1fasa}^{min} = 1520.68 \text{ A}$$

Dari data setting PMT *outgoing* Bantul 4, *setting moment* OCR dan GFR adalah 4320 A dan 2400 A. Bila dilihat dari hasil perhitungan arus hubung singkat diatas, maka arus gangguan *moment* tersebut akan terjadi pada jarak ± 6,3 km dari GI.

Recloser dipasang di tiang B4-11, jarak dari GI sekitar 2,5 km, berarti masih masuk dalam daerah kerja *moment PMT outgoing*, akibatnya PMT *outgoing* maupun *recloser* trip jika terjadi gangguan pada jarak 0 – 6,3 km.

Apabila *recloser* dipasang pada jarak 6,3 km dari GI, berarti *recloser* tidak termasuk dalam daerah kerja *moment PMT outgoing*. Bila terjadi gangguan di zone 2, maka diharapkan *recloser* akan melokalisir gangguan tersebut lebih dulu tanpa menyebabkan PMT *outgoing* trip. Jadi daerah proteksi utama PMT *outgoing*

adalah sejauh 6,3 km dari GI, sedangkan untuk jarak lebih dari 6,3 km menjadi daerah proteksi *recloser*.

Koordinasi sistem proteksi antara PMT *outgoing* 20 KV dengan *recloser* pada penyulang Bantul 4 pada dasarnya sudah terkoordinasi dengan baik. Tetapi ada satu hal yang bisa menyebabkan koordinasi tersebut gagal bekerja, yaitu *setting arus moment / instant* pada OCR dan GFR.

IV..Kesimpulan

1. *Recloser* di tiang B4-11 mengalami *malfuction* karena jaraknya terlalu dekat dengan GI, sehingga masih termasuk dalam daerah kerja *moment PMT out going* 20 kV Bantul.
2. Dalam melakukan *setting recloser* berpedoman pada *setting PMT outgoing* 20 kV. *Setting recloser* lebih rendah dari *setting PMT out going* 20 kV. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya *malfuction* antara *recloser* dan PMT *outgoing*. Gangguan yang berada di daerah pengamanan *recloser* (zone 2) menjadi tanggung jawab *recloser* untuk melokalisirnya lebih dulu dari pada PMT *out going*.
3. Agar tidak terjadi *malfuction* antara *recloser* dan PMT *outgoing*, maka perbedaan waktu (*interval waktu*) pemutusan antara *recloser* dengan relai PMT *outgoing* diusahakan 0,5 detik.
4. Penentuan jarak pemasangan *recloser* didasarkan atas perhitungan arus hubung singkat.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Yang pertama-tama puji syukur kepada Tuhan atas segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih pula untuk kedua orang tua yang telah mendukung penulis dengan berbagai cara sehingga dapat menyelesaikan studi. Penulis juga mengucapkan limpah terimakasih untuk semua dosen Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta, terkhusus untuk bapak Ir.Wiwik Handajadi, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I, Bapak Ir.Gatot Santoso, MT. selaku Dosen Pembimbing II untuk segala ilmu dan motivasinya selama ini. Terimakasih juga untuk PT. PLN (Persero) Area Yogyakarta khususnya Bapak Bambang Eko Haryono selaku Asisten Manager yang sudah menerima penulis untuk melakukan penelitian, juga Mas Tegar Adi Pratama yang telah membantu dan mempermudah penulis selama proses pengambilan data di PLN.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, Artono, 1982, Teknik Tegangan Tinggi, Pradnya Paramitha, Jakarta.
Arismunandar, Artono, 2001, Teknik Tenaga Listrik, Pradnya Paramitha, Jakarta.
Bhimantara, Bayu, 2009, Anisis terjadinya gangguan pada jaringan transmisi,

Tugas Akhir Teknik Elektro, UGM, Yogyakarta.

Kadarisman, P, 2001, Makalah Koordinasi Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah.

Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi dan Pola Pengaman Sistem Distribusi, *Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur dalam Sistem Distribusi Tegangan Menengah*, PT. PLN (Persero), Jakarta.

Komari, *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, 2003, PT.PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan.

Mardiana, Redy, 2004, *Proteksi Pada Sistem Distribusi*, Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Bandung.

Marsudi, Djiteng, 2006, Operasi Sistem Tenaga Listrik, edisi pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Marsudi, Djiteng, 2005, Pembangkit Energi Listrik, Erlangga, Jakarta. Pabla, A.S, 1986, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta.

PT. PLN Pembangkitan Jawa Barat dan Jakarta, *Operasi dan Memelihara Peralatan Untuk Pemutus Tenaga*.

PT. PLN (Persero) Diklat Bogor P3B Jawa Bali, *Sistem proteksi GI/GITET*.

PT.PLN(Persero)DiklatSemarang,*Pengenala Perusahaan Pelatihan Prajabatan D1*.

PT. PLN (Persero), Modul Setting Waktu Kerja PMT Dan Recloser Kolom (T.kerja/waktu kerja)

Sarimun, Wahyudi dan Kadarisman Pribadi, *Penyetalan OCR dan GFR di Sistem Distribusi 20 kV*.

Suhadi, dkk, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Supriyadi, E, 1999, Sistem Pengaman Tenaga Listrik, Adicita, Yoogyakarta. Watkins, A.J, 2002, *Perhitungan Instalasi Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta. Zuhail, 1988, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

<http://dunia-listrik.blogspot.com/>