

# EVALUASI KOORDINASI OVER CURRENT RELAY DAN FUSE CUT OUT PADA PENYULANG PANGSUMA

Oleh  
**Nur Hidayatul Azizah, M.Iqbal Arsyad, Bonar Sirait**  
Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Tanjungpura Pontianak Tahun 2020

## ABSTRAK

Gangguan hubung singkat yang terjadi pada penyulang harus diatasi agar dapat berkoordinasi dengan baik antar zona dengan cara mengatur koordinasi pada peralatan proteksi. Agar dapat menganalisa koordinasi rele arus lebih yang berada di sepanjang Penyulang Pangsuma dengan Panjang 82,53 Kms, maka perhitungan arus gangguan hubung singkat dibagi menjadi lima titik gangguan berdasarkan persentase Panjang penyulang, yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat maksimum terjadi pada gangguan hubung singkat 3 fasa pada kilometer 0 sebesar 5399,0785 A. Setting rele OCR pada Penyulang pangsuma  $t_{ms} = 0,4711$ ,  $t = 0,6$  dengan *setting* kondisi eksisting  $t_{ms} = 0,1$  dan  $t = 0,5$  detik selanjutnya *Recloser* Anjungan  $t_{ms} = 0,0788$ ,  $t = 0,35$  dengan *setting* kondisi eksisting  $t_{ms} = 0,1$  dan  $t = 0,1$  detik selanjutnya pada CB Mandor  $t_{ms} = 0,0236$  detik,  $t = 0,1$  detik dengan *setting* kondisi eksisting  $t = 0,12$  dan  $t = 0,1$  detik. Dari hasil pengamatan data yang diperoleh dan dibandingkan dengan kondisi lapangan menunjukkan bahwa masih terdapat kesalahan koordinasi di lapangan, yaitu pada *setting* rele arus lebih dimana kurva koordinasi *setting* waktu terdapat perpotongan antara CB Mandor dengan *Recloser* Anjungan, hal ini mengakibatkan jika terjadi gangguan hubung singkat pada CB Mandor maka *Recloser* Anjungan akan ikut merasakan dan lepas secara bersamaan yang mana menyebabkan pemadaman akibat gangguan menjadi meluas. Pemilihan sekering *Fuse Cut Out* (FCO) pada Percabangan Semboja dengan arus nominal sebesar 12,55 Ampere maka rekomendasi pemilihan *fuselink* sebesar 12 Ampere dan Percabangan Sekilap dengan arus nominal sebesar 17,32 Ampere maka rekomendasi pemilihan *fuselink* sebesar 20 Ampere dengan masing masing *fuselink* menggunakan tipe K (tipe cepat).

**Kata kunci :** Koordinasi *Setting* Proteksi, Rele Arus Lebih, *Fuse Cut Out* (FCO)

## 1. Pendahuluan

Keandalan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada system proteksi yang digunakan. Apabila koordinasinya tidak tepat maka keandalan sistem juga tidak baik. Penyulang Pangsuma dengan Panjang 82,53 kms memiliki tiga zona proteksi yaitu Zona 1 dengan system proteksi CB Penyulang Pangsuma, Zona 2 dengan system proteksi *Recloser* Anjungan dan Zona 3 dengan system proteksi CB Mandor. Pada bulan Juli 2019 sistem proteksi pada Zona 3 CB Mandor baru difungsikan Kembali setelah perbaikan suplai DC pada kubikel, namun berdasarkan record data system dispatcher, terjadi beberapa kali kejadian dimana saat mengalami gangguan di system zona 3 maka system zona 2 akan ikut trip / lepas, hal ini mengakibatkan pemadaman akibat gangguan menjadi meluas.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penelitian ini berfokus pada penyulang pangsuma dimana studi permasalahan terletak pada *setting* proteksi di CB Mandor dan *Recloser* Anjungan yang belum terkoordinasi dengan baik. Dan perhitungan arus gangguan hubung singkat pada penyulang pangsuma dihitung menggunakan aplikasi Matlab dengan data Sistem Khatulistiwa periode 2019-2020.

## 2. Landasan Teori

### Sistem Proteksi

Sistem proteksi penyulang tegangan menengah ialah pengaman yang terdapat pada kubikel tegangan menengah di Gardu induk dan pengaman yang terdapat pada jaringan tegangan menengah. Penyulang tegangan menengah ialah penyulang tenaga listrik yang berfungsi untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan

menengah (6 kV – 20 kV), yang terdiri dari Saluran udara tegangan menengah (SUTM) dan Saluran kabel tegangan menengah (SKTM). Untuk melepaskan daerah yang terganggu itu maka diperlukan suatu sistem proteksi yang pada dasarnya adalah alat pengaman yang bertujuan untuk melepaskan atau membuka sistem yang terganggu, sehingga arus gangguan ini akan padam.

### Rele Arus Lebih (Over Current Relay)

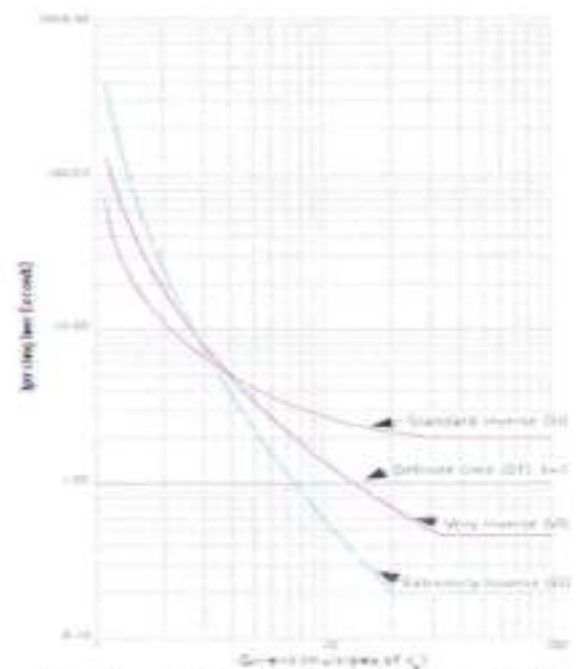
Rele arus lebih adalah rele yang bekerja terhadap arus lebih, rele akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya ( $I_{set}$ ). Pada dasarnya rele arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus.



**Gambar 1.** Elemen-elemen dasar *rele*  
Sumber: Diktat Sistem Distribusi Universitas Tanjungpura

Berdasarkan karakteristik dari waktu kerjanya rele arus lebih dapat dibedakan menjadi :

- Rele Arus Lebih Sesaat  
Rele ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan bila besar arus gangguannya melampaui penyetelannya ( $I_m$ ), dan jangka waktu kerja *rele* mulai pik up samapai kerja *rele* sangat singkat tanpa penundaan waktu ( 20 – 60 mdet).
- Rele Arus Lebih Dengan Waktu Tunda
  - Rele Arus Lebih tunda waktu *definite*  
Rele ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan bila besar arus gangguannya melampaui penyetelannya ( $I_s$ ), dan jangka waktu kerja *rele* mulai pik up sampai kerja *rele* diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus
  - Relai Arus Lebih tunda waktu *inverse*  
Setelan proteksi dengan mempergunakan karakteristik *inverse time relay* adalah karakteristik yang grafiknya terbalik antara arus dan waktu



**Gambar 2.** Karakteristik Rele Arus Lebih  
Sumber : Penggunaan Rele Arus Lebih Tipe Sel-351A Sebagai Proteksi Pada Motor Induksi 3 Fasa

### Sekring Pemutus (*Fuse Cut Out*)

Sekring pemutus adalah peralatan arus lebih dengan meleburnya bagian yang dapat membuka rangkaian yaitu (*Fuselink*) yang dipanaskan dan dileburkan secara langsung oleh berlalunya arus lebih pada saat terjadi kondisi beban lebih atau hubungan singkat. Oleh karena itu, tujuan sekring adalah untuk menghilangkan gangguan permanen dengan memutuskan bagian yang terganggu dari saluran atau peralatan dari sistem. Sekring dirancang untuk melebur dalam waktu yang ditentukan untuk nilai arus gangguan yang diberikan.

**Tabel 1.** Rating Pemutusan FCO

Conditions	Rating of Fuses		Interrupting Rating in Each Phase				Interrupting Rating Fuses/Phase
	Normal	Maximum Design	1.2 kV	1.8 kV	10 kV	27.5 kV	
Current, A							
Voltage, kV							
100	5.0	5.2	1,000	—	—	—	Normal duty
100	5.0	5.2	3,000	—	—	—	Heavy duty
100	5.0	5.2	10,000	—	—	—	Extra heavy duty
200	6.0	6.2	4,000	—	—	—	Normal duty
200	6.0	6.2	10,000	—	—	—	Heavy duty
300	7.5	7.8	—	1,000	—	—	Normal duty
300	7.5	7.8	—	3,000	—	—	Heavy duty
300	7.5	7.8	—	10,000	—	—	Extra heavy duty
500	1.0	7.8	—	1,000	—	—	Normal duty
500	1.0	7.8	—	3,000	—	—	Heavy duty
500	1.0	7.8	—	10,000	—	—	Extra heavy duty
600	1.0	7.8	—	1,000	—	—	Normal duty
600	1.0	7.8	—	3,000	—	—	Heavy duty
600	1.0	7.8	—	10,000	—	—	Extra heavy duty
600	1.0	7.8	—	—	—	250	Normal duty

Sumber : <http://constructionmanuals.tpub.com/>

Selain itu, standar juga mengklasifikasikan *fuselink* sebagai tipe K (cepat) dan tipe T (lambat).

Perbedaan antara kedua *fuselink* ini adalah dalam waktu lebur relatif, yang didefinisikan oleh rasio kecepatan sebagai berikut :

$$\text{Rasio kecepatan} = \frac{(\text{arus leleh pada } 0,1 \text{ detik})}{(\text{arus leleh pada } 300 \text{ atau } 600 \text{ detik})}$$

Dimana :

0,1 dan 300 s untuk *fuselink* dengan *Rating* 6–100 A

0,1 dan 600 s untuk *fuselink* dengan *Rating* 140-200 A

### Bahan Pengamatan

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

- Data gangguan Penyulang Pangsuma
- *Single Line Diagram* Penyulang Pangsuma
- Data Panjang Penyulang Pangsuma
- Data *setting* proteksi

### 3. Analisa dan Hasil

Penyulang Pangsuma disuplai dari Gardu Induk Senggiring. Penyulang Pangsuma merupakan penyulang dengan sistem *radial*, penyulang ini merupakan penyulang yang cukup panjang yang ada di GI Senggiring, total panjang penyulang primer yaitu 82,53 Kms. Terdapat 1 CB, 4 FCO percabangan terpanjang, dan 93 gardu distribusi. Jenis dan ukuran penampang yang digunakan sepanjang Penyulang Pangsuma berbeda-beda.

**Tabel 2.** Data jaringan penyulang pangsuma

No	Dari	Sampai	Penampang	Panjang
1	GI Senggiring	LBS H. Salong	XLPE 150 mm <sup>2</sup>	4 Kms
2	LBS H. Salong	LBS Anjungan Dalam	HBC 150 mm <sup>2</sup>	25 Kms
3	LBS Anjungan Dalam	LBS Sekilap	A3C 150 mm <sup>2</sup>	41,93 Kms
4	LBS Sekilap	Ujung Jaringan	A3C 70 mm <sup>2</sup>	11,6 Kms
Total				82,53 Kms

Sumber : Data Aset PLN UP3 Pontianak

### Menentukan besaran dasar dan per unit

Tegangan dasar ditentukan 20 kV dan daya dasar ditentukan 100 MVA, maka untuk mencari impedansi dasar yaitu :

$$Z_d = \frac{V_d}{I_d} = \frac{V_d}{\frac{S_d / V_d}{100}} = \frac{V_d^2}{S_d} = 4 \Omega$$

Dan mencari arus dasar yaitu

$$I_d = \frac{S_d}{\sqrt{3} V_d} = \frac{100.000}{\sqrt{3} \cdot 20} = 2886,7514 \text{ A}$$

Mencari tegangan yang dibangkitkan generator per unit

$$V_{r \text{ p.u.}} = \frac{V_s}{V_d} = \frac{20}{20} = 1 \text{ p.u.}$$

Data impedansi sumber diperoleh dari Data Aset PLN UP3B Sistem kalbar menggunakan aplikasi Matlab yang dtunjukkan pada bus nomor 23 dengan nilai impedansi urutan sebagai berikut :

% Impedansi di Bus 23 GI SENGGIRING

% Impedansi Urutan Positif di Bus 23 Zbus1 = 0,0181 + j 0,5344 p.u

% Impedansi Urutan Negatif di Bus 23 Zbus2 = 0,0181 + j 0,5344 p.u

% Impedansi Urutan Nol di Bus 23 Zbus0 = 8,5473 + j 3,0177 p.u

Sehingga impedansi sumber dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Z_{1 \text{ number (bus23)}} = 0,0181 + j 0,5344 \text{ p.u}$$

$$Z_{2 \text{ number (bus23)}} = 0,0181 + j 0,5344 \text{ p.u}$$

$$Z_{0 \text{ number (bus23)}} = 8,5473 + j 3,0177 \text{ p.u}$$

Hasil Perhitungan impedansi total urutan Penyulang Pangsuma ditampilkan dalam tabel berikut :

**Tabel 3.** Impedansi Total Penyulang Pangsuma

Impedansi Urutan	Z <sub>1</sub> = Z <sub>2</sub>	Z <sub>0</sub>
0%	0,0181 - j 0,5344 p.u	8,5473 + j 3,0177 p.u
25%	1,1229 + j 2,0124 p.u	10,4128 + j 10,0565 p.u
50%	2,2380 + j 3,7170 p.u	12,2855 + j 18,4013 p.u
75%	3,3530 + j 5,4215 p.u	14,1582 + j 26,7462 p.u
100%	4,4680 + j 7,1260 p.u	16,0350 + j 35,0910 p.u

Sumber : Hasil perhitungan impedansi total penyulang pangsuma

Perhitungan arus hubung singkat dilakukan dengan menggunakan aplikasi Matlab, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.** Arus Hubung Singkat Penyulang Pangsuma

HUBUNG SINGKAT	If 3ø	If 2ø	If 2ø-Grossed	If 1ø-Grossed
0 KMS	0%	5399,0715 A	4675,7191 A	472,4485 A
20,63 KMS	20%	1252,6317 A	1084,8341 A	277,8826 A
41,26 KMS	30%	665,2394 A	576,2182 A	178,2479 A
61,89 KMS	72%	432,8612 A	392,3891 A	129,4774 A
82,53 KMS	100%	325,3778 A	281,7853 A	99,9001 A

Sumber : Hasil perhitungan arus hubung singkat penyulang pangsuma dengan Aplikasi Matlab

### Setting OCR Penyulang Pangsuma

#### 1. Setting OCR CB Mandor

Berdasarkan data rele pada CB Mandor, maka diketahui :

$$I_{nom} = 67,4056 \text{ A}$$

$$CT = 400/5$$

Sehingga, setting arus pada sisi primer trafo ditentukan 125 % dari arus nominalnya:

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer}} (I_s) &= 1,25 \times I_{nom} \\ &= 1,25 \times 67,4056 \\ &= 84,2570 \text{ A} \end{aligned}$$

Setting arus pada sisi sekunder trafo sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Pick Up setting} &= \frac{1,25 \times I_{nom}}{\frac{CTR}{400/5}} \\ &= \frac{1,25 \times 67,4056}{400/5} \end{aligned}$$

$$= 1,0532 \text{ A}$$

Arus hubung singkat pada CB Mandor berdasarkan simulasi Matlab

$$Z_1 (66,27 \%) = 1,8095 + j 2,8427$$

$$I_{f2ph} = 428,1052 \text{ A}$$

Waktu kerja untuk CB Mandor ditentukan 0,1 detik

$$\begin{aligned} T_{ms} &= t \frac{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 0,1 \frac{\left(\frac{428,1052}{84,2570}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 0,0236 \end{aligned}$$

Sehingga, waktu kerja rele untuk CB Mandor yaitu

$$\text{Waktu kerja (t)} = \frac{0,14}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \text{ tms}$$

$$\begin{aligned} Z_1 (66,27\%) &= \frac{0,14}{\left(\frac{428,1052}{84,2570}\right)^{0,02} - 1} 0,0236 \\ &= 0,0999 \text{ detik} \end{aligned}$$

#### 2. Setting OCR Recloser Anjungan

Berdasarkan data rele pada recloser Anjungan, maka diketahui :

$$I_{nom} = 110,1296 \text{ A}$$

$$CT = 1000/1$$

Sehingga, setting arus pada sisi primer trafo ditentukan 125 % dari arus nominalnya :

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer}} (I_s) &= 1,25 \times I_{nom} \\ &= 1,25 \times 110,1296 \\ &= 137,6620 \text{ A} \end{aligned}$$

Setting arus pada sisi sekunder trafo sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Pick Up setting} &= \frac{1,25 \times I_{nom}}{\frac{CTR}{1000/1}} \\ &= \frac{1,25 \times 131,3472}{1000/1} \\ &= 0,1376 \text{ A} \end{aligned}$$

Arus hubung singkat pada recloser Anjungan berdasarkan simulasi Matlab

$$Z_1 (42,77 \%) = 1,1804 + j 1,8809$$

$$I_{f2ph} = 649,8077 \text{ A}$$

Waktu kerja untuk CB Mandor ditentukan  $(0,1 + \Delta t) = 0,1 + 0,25 = 0,35$  detik

$$\begin{aligned} T_{ms} &= t \frac{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 0,35 \frac{\left(\frac{649,8077}{137,6620}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 0,0788 \end{aligned}$$

Sehingga, waktu kerja rele pada setiap titik gangguan selama :

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja (t)} &= \frac{0,14}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \text{ tms} \\ Z_1 (42,77\%) &= \frac{0,14}{\left(\frac{649,8077}{137,6620}\right)^{0,02} - 1} 0,0788 \\ &= 0,3499 \text{ detik} \end{aligned}$$

#### 3. Setting OCR CB Pangsuma

Berdasarkan data rele pada CB Pangsuma, maka diketahui :

$$I_{nom} = 198,7528 \text{ A}$$

$$CT = 400/5$$

Sehingga, setting arus pada sisi primer trafo ditentukan 125 % dari arus nominalnya :

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer}} (I_s) &= 1,25 \times I_{nom} \\ &= 1,25 \times 198,7528 \\ &= 248,4410 \text{ A} \end{aligned}$$

Setting arus pada sisi sekunder trafo sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Pick Up setting} &= \frac{1,25 \times I_{nom}}{\frac{CTR}{400/5}} \\ &= \frac{1,25 \times 198,7528}{400/5} \\ &= 3,1055 \text{ A} \end{aligned}$$

Waktu kerja untuk CB Pangsuma ditentukan  $(0,35 + \Delta t) = 0,35 + 0,25 = 0,6$  detik,

$$I_{f2ph} = 4675,7391 \text{ A} \text{ [Tabel 4.2]}$$

$$\begin{aligned} T_{ms} &= t \frac{\left(\left(\frac{I_{f2ph}}{I_s}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} \\ &= 0,6 \frac{\left(\left(\frac{4675,7391}{248,4410}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} \\ &= 0,4711 \end{aligned}$$

Sehingga, waktu kerja rele pada setiap titik gangguan selama :

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja (t)} &= \frac{0,14}{\left(\left(\frac{I_{f2ph}}{I_s}\right)^{0,02} - 1\right)} \text{ tms} \\ Z_1 (0\%) &= \frac{0,14}{\left(\left(\frac{4675,7391}{248,4410}\right)^{0,02} - 1\right)} 0,4711 \\ &= 1,0909 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat dibuatkan tabel perbandingan antara setting proteksi dilapangan dan dengan setting berdasarkan perhitungan pada Penyulang Pangsuma.

**Tabel 5.** Perhitungan setting rele dibandingkan dengan data lapangan

Rele	PERHITUNGAN				DATA LAPANGAN			
	Pick Up	t	TMS	Karakteristik	Pick Up	t	TMS	Karakteristik
CB Pangsuma	3,1055 A	0,6 s	0,4711	(SI)	3,7500 A	0,5 s	0,1	(SI)
REC Anjungan	0,1376 A	0,35 s	0,9788	(SI)	0,20 A	0,1 s	0,1	(SI)
CB Mandor	1,0532 A	0,1 s	0,9256	(SI)	1 A	0,1 s	0,12	(SI)

Sumber : Hasil perhitungan setting rele dibandingkan dengan data lapangan

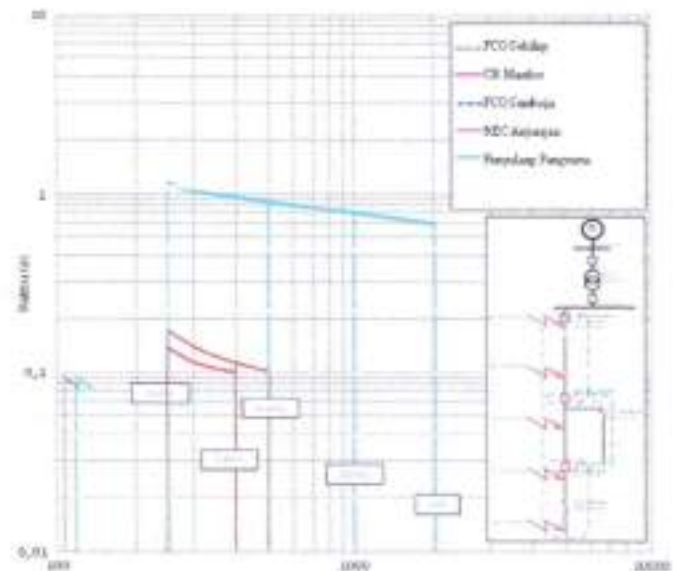
Dan untuk pemilihan rating pemasangan *fuselink* pada percabangan Samboja dan Sekilap didapatkan tabel sebagai berikut :

**Tabel 6.** Perhitungan penentuan *fuselink* dibandingkan dengan data lapangan

Percabangan	I nominal	Perhitungan		Perhitungan	
		Fuselink	Tipe	Fuselink	Tipe
FCO Samboja	12,5573 A	12 A	K	15 A	K
FCO Sekilap	17,3205 A	20 A	K	20 A	K

Sumber : Hasil perhitungan penentuan *fuselink* dibandingkan dengan data lapangan

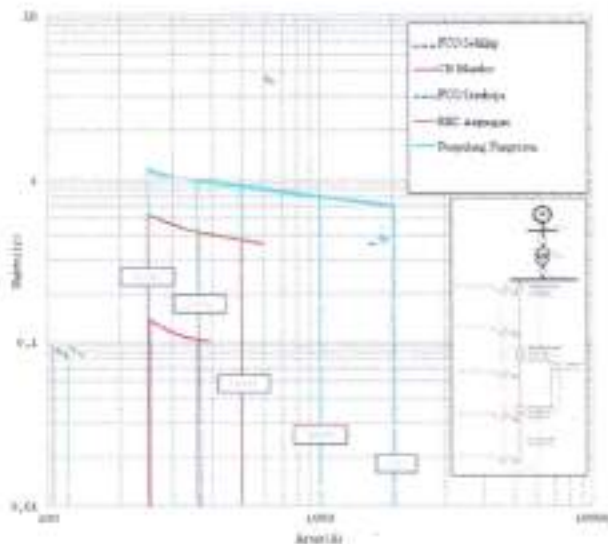
Setelah semua perhitungan setting rele dan penentuan rating sekring pemutus didapatkan, maka untuk menganalisa koordinasi antara rele arus lebih dan sekring pemutus pada beberapa titik gangguan, dibuat kurva koordinasi. Kurva tersebut dibuat untuk mengetahui perbandingan koordinasi yang ada di lapangan dengan koordinasi dari hasil perhitungan.



**Gambar 3.** Kurva Koordinasi Rele Arus Lebih Dan Sekring Pemutus Pada Penyulang Pangsuma Berdasarkan Di Lapangan

Sumber : Data setting rele pada CB dan *Recloser* Penyulang Pangsuma UP2D Kalbar

Gambar 4.4 menunjukkan kurva koordinasi peralatan proteksi pada Penyulang Pangsuma berdasarkan di lapangan yaitu tiga rele arus lebih pada CB Penyulang Pangsuma, *Recloser* Anjungan dan CB Mandor dengan dua sekring pemutus yaitu FCO Semboja dan FCO Sekilap.



**Gambar 4.** Kurva Koordinasi Rele Arus Lebih Dan Sekring Pemutus Pada Penyulang Pangsuma Berdasarkan Perhitungan

Sumber : Hasil perhitungan *setting* rele pada CB dan *Recloser* penyulang pangsuma

Gambar 4.5 menunjukkan kurva koordinasi peralatan proteksi pada Penyulang Pangsuma berdasarkan perhitungan yaitu tiga rele arus lebih pada CB Penyulang Pangsuma, *Recloser* Anjungan dan CB Mandor dengan dua sekering pemutus yaitu FCO Semboja dan FCO Sekilap.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan hasil perhitungan maka dapat diambil kesimpulan yaitu berdasarkan data di lapangan koordinasi proteksi pada penyulang pangsuma dengan *setting* TMS = 0,1 dan  $t = 0,5$  detik dibandingkan dengan hasil perhitungan TMS = 0,6 dan  $t = 0,4711$  masih dalam kondisi selektif untuk koordinasi dengan zona *Recloses* Anjungan, Untuk *setting* pada CB Mandor yaitu TMS = 0,12 dan  $t = 0,1$  detik dengan *setting* pada *Recloser* Anjungan yaitu TMS = 0,1 dan  $t = 0,1$  kemudian dibuat dalam kurva terlihat berpotongan saat gangguan arus hubung singkat 2 fasa sebesar 428 A yaitu dengan waktu 0,1 detik, hal ini mengakibatkan tidak selektifnya zona proteksi tersebut dimana apabila terjadi gangguan pada CB Mandor maka *Recloser* Anjungan akan ikut lepas dari sistem. Diperlukan *resetting* waktu pada *Recloser* Anjungan yaitu berdasarkan hasil perhitungan TMS = 0,0788 ,  $t = 0,35$  detik dan pada CB Mandor yaitu TMS = 0,0236

dan  $t = 0,1$  detik agar terpenuhinya syarat selektifitas pada zona *Recloser* Anjungan dengan CB Mandor.

#### 5. Referensi

- [1] Sirait, Bonar. 2012. *Diktat Kuliah Sistem Distribusi*. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [2] Hardiansyah. 2011. *Proteksi Sistem Tenaga*. Pontianak : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [3] Gonen, Turan. 2008. *Electrical Power Distribution System Engineering Second Edition*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- [4] SPLN 64. 1985. *Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Jakarta : Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [5] Arismunandar. 1972. *Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta : PT.Pradnya Paramita.
- [6] Yehezkiel. 2018. *Evaluasi Sistem Proteksi Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV Studi Kasus Penyulang Durian 1 Radak*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- [7] Irfan Affandi 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang*. Depok: Universitas Indonesia
- [8] Abdul Kadir 2000. *Distrbusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta : Universitas Indonesia
- [9] Juan M. Gers and Edward J. Holmes 2011. *Protection of Electricity Distribution Networks*. London, United Kingdom : The Institution of Engineering and Technology
- [10] SPLN 64 1985. *Petunjuk Pemilihan Dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Jakarta : PT PLN (Persero).

- [11] PT. PLN (Persero). 1997. *PBO-SSO*. Jakarta : PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan.
- [12] PT. PLN (Persero). 2019. *Data Aset PLN UP3B Kalbar*. Pontianak : PT. PLN (Persero) UP3B Kalbar.
- [13] PT. PLN (Persero). 2019. *Data Aset PLN UP3 Pontianak*. Pontianak : PT. PLN (Persero) UP3 Pontianak.
- [14] PT. PLN (Persero). 2019. *Data Gangguan Pemulang*. Pontianak : PT. PLN (Persero) UP3 Pontianak.
- [15] P.M. Anderson. 1999. *Power System Protection*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- [16] A. R. van C. Warrington. 1962. *Protective Relays*. New York : Chapman and Hall.

#### Biography

Nur Hidayatul Azizah, lahir di Madiun pada tanggal 12 Mei 1992. Menempuh pendidikan Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Penelitian ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro konsentrasi Teknik Tenaga Listrik.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pembantu,



Dr. Ir. M. Jubal Arsyad, MT, IPM    Ir. Bonar Sirait, M. Sc, IPM  
NIP. 196609071992031002    NIP. 195608131983021001