

## KOORDINASI SETTING RELAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR 60 MVA DI GARDU INDUK AMPENAN

### *Coodination of Setting Protection Relay on the Transformer 60 MVA IN Ampenan Substation*

Didin Januardi<sup>1</sup>, Supriyatna<sup>2</sup>, Supriono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Email : [Didinjanuardi@gmail.com](mailto:Didinjanuardi@gmail.com) <sup>1</sup>; [supri1990@yahoo.com](mailto:supri1990@yahoo.com) <sup>2</sup>; [supriono@unram.ac.id](mailto:supriono@unram.ac.id) <sup>3</sup>

#### ABSTRAK

Gardu Induk Ampenan merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari beberapa perlengkapan peralatan listrik dan menjadi penghubung listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi primer pada sistem kelistrikan Lombok. Transformator tenaga dengan kapasitas 30 MVA akan ditambah dengan transformator 60 MVA. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan setting Over Current Relay (OCR), Earth Fault Relay (EFR), dan Differensial. Untuk hasil perhitungan setting OCR dan EFR didapatkan koordinasi relai pada sisi Penyulang, Outgoing 20 kV, dan Incoming 150 kV pada Transformator 60 MVA di GI Ampenan dengan menggunakan software ETAPv12.6. Karakteristik OCR dan EFR menggunakan standar inverse. OCR standar inverse akan dikombinasikan dengan instantaneous. Hasil setting usulan TMS Penyulang Meninting berturut-turut sampai incoming trafo 150 kV sebesar 0,04, 0,10, 0,11, 0,13, dan 0,20 sesuai arus gangguan Penyulang dan Tranformator. Sedangkan setting TMS kondisi eksisting Penyulang Meninting berturut-turut sampai Incoming trafo 150 kV sebesar 0,05, 0,12, 0,23 dan 0,28.

**Kata Kunci:** Koordinasi proteksi, OCR, EFR.

#### ABSTRACT

Ampenan Substation is a system installation that consists of some supplies electrical equipment and to liaise on a network of transmission to its primary on elctrical system of Lombok. Power Transformato with a capacity of 30 MVA will be added to the Transformer 60 MVA. This study in the calculation setting of Over Current Relay (OCR), Earth Fault Relay (EFR), and Differential Relay. For the calculation of OCR and EFR there are coordination in fedeer, Outgoing 20 kV, and Incoming 150 kV in Transformer 60 MVA in Ampenan Substation by using software ETAPv12.6 Characteristics of OCR and EFR using the standard invers. OCR the standard inverse will be combined with the instantaneous. The setting TMS of feeder Meninting in a row a incoming Transformer 150 kV as 0,04, 0,10, 0,11, 0,13, and 0,20 according to fedeer and Transformer short circuit. While setting TMS the eksisting of feeder Meninting in a row incoming Transformer 150 kV as 0,05, 0,12, 0,23, and 0,28.

**Keywords:** The coordination of protection, OCR, EFR.

#### PENDAHULUAN

Gardu induk adalah salah satu komponen sistem tenaga listrik yang memegang peranan penting dalam penyaluran energi listrik dan pengaturan beban. Pada penyaluran energi listrik diperlukan kontinuitas pelayanan yang baik kepada konsumen.

Seiring dengan pertumbuhan beban yang semakin meningkat untuk daerah Lombok dan dengan kapasitas pembangkit yang semakin besar maka trasformator tenaga dengan kapasitas 30 MVA akan ditambah dengan transformator yang

berkapasitas 60 MVA, dalam rangka meningkatkan keandalan transformator dalam melayani kebutuhan daya listrik.

Data kondisi lapangan di GI Ampenan yaitu Transformator 3 yang berkapasitas 60 MVA, diharapkan dapat membantu evakuasi beban penyulang yang sudah mendekati batas maksimum seperti Penyulang Gunung Sari. Penyulang Gunung Sari yang dulu bebannya hampir 8 MW akan di pecah menjadi Penyulang Meninting dan Penyulang Gunung Sari. Dengan demikian, Transformator 60 MVA di GI Ampenan rencananya akan menampung beban dari

PLTD Lombok 3 yang terdiri dari beban Penyulang Epicentrum dan Penyulang Meninting. Untuk itu, perlu dilakukan penyettingan relay akibat adanya penambahan trafo 3 agar relay dapat berkoordinasi dengan baik. Untuk setting relay yang akan dilakukan pada Transformator 60 MVA yaitu Differensial, OCR, dan EFR dengan mengacu pada data-data real yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) APDP Mataram dan PT. PLN (Persero) Area Mataram. erdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini akan membahas masalah Koordinasi Setting Over Current Relay Incoming 150 kV dengan Outgoing 20 kV dan Koordinasi Earth Fault Relay Incoming 150 kV dengan Outgoing 20 kV serta Setting Differensial relay pada Transformator 60 MVA di GI Ampenan dalam meningkatkan keandalan pada transformator 60 MVA.

Gardu Induk Ampenan merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari beberapa perlengkapan peralatan listrik dan menjadi penghubung listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi primer pada sistem kelistrikan lombok.

Transformator 60 MVA, untuk saat ini akan di tambahkan oleh PT. PLN (Persero) APDP tepatnya di Gardu Induk Ampenan. Hal ini di sebabkan adanya penambahan beban daya transformator yang ada di Gardu Induk Ampenan. Sehingga perlu adanya penambahan transformator berkapasitas 60 MVA untuk mengatasi pembebanan lebih (Overload) yang terjadi pada transformator 1 dan transformator 2 berkapasitas 30 MVA di GI Ampenan. Dengan demikian, Transformator 60 MVA di harapkan dapat membantu membantu pembebanan lebih yang terjadi pada transformator 1 dan transformator 2 sehingga dalam proses penyaluran energi listrik dapat berjalan dengan baik serta untuk menjaga kontinuitas dan keandalan pada Transformator di GI Ampenan.

Gangguan hubung singkat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan hubung singkat simetris terdiri dari gangguan hubung singkat tiga fasa. Gangguan hunung singkat tidak simetris terdiri dari gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ,dua fasa ke tanah dan dua fasa

Relai arus lebih merupakan pengaman utama untuk sistem distribusi tegangan

menengah terhadap gangguan hubung singkat antar fasa. Relai arus lebih adalah relai yang bekerja terhadap arus lebih, relai akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai setting (Iset). Relai arus lebih terdapat beberapa karakteristik waktu yang dikelompokkan menjadi tiga jenis (Komari, 2003) yaitu:

- a. Relai Arus Lebih Seketika (Instantaneous). Relai bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus mengalir melebihi nilai setting, relai akan bekerja dalam waktu beberapa millidetik (10-20 ms).
- b. Relai Arus Lebih Waktu Tertentu (DefineteTime).Relai ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui setting (Is), dan jangka waktu kerja relai mulai pick up sampai kerja relai diperpanjang dengan pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat waktu tetentu.
- c. Relai arus lebih waktu terbalik (Inverse Relai). Relai ini akan bekerja dengan waktu tunda tergantung dari besarnya arus secara terbalik (inversetime), makin besar arus makin kecil waktu tundanya

Arus setting untuk OCR baik pada sisi primer maupun sisi sekunder menggunakan standar inverse yaitu:

$$I_{set \text{ primer}} = 1,2 \cdot I_n (A) \dots \dots \dots (1)$$

(P3BJB, 2010) Atau

$$I_{set \text{ primer}} = (2 \text{ atau lebih}) \cdot I_{\text{bebanmax}} (2)$$

(Anderson, 1998)

Sedangkan setting TMS standar invers menggunakan persamaan :

$$TMS = \frac{t_{set} \cdot [(I_{sc \text{ Maksimum}})^{0,02} - 1]}{I_{set \text{ Primer}} \cdot 0,14} \dots \dots \dots (3)$$

Relai Gangguan Tanah atau Earth Fault Relai (EFR). Relai ini berfungsi mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah. Setting arus EFR berdasarkan nilai arus gangguan hubung singkat minimum Penyulang.

Setting arus EFR dihitung menggunakan persamaan:

$$I_{set} \leq 50\% \cdot I_{scmin} \dots \dots \dots (4)$$

$$TMS = \frac{t_{set} \cdot [(I_{sc\ Maksimum})^{0,02} - 1]}{I_{set\ Primer} \cdot 0,14} \dots\dots\dots(5)$$

**METODELOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan setting relai agar terjadi koordinasi proteksi pada Transformator 60 MVA di Gardu Induk Ampenan. Penelitian ini dimulai dengan melakukan analisis hubung singkat menggunakan software ETAP v12.6 dan menghitung setting relai differensial, relai arus lebih, dan relai gangguan tanah, kemudian melakukan analisis koordinasi proteksi.

Penelitian ini menggunakan data-data sekunder yang terdapat di PT. PLN (Persero) APDP Mataram dan PT. PLN (Persero) Area Mataram. Transformator yang dijadikan contoh untuk melakukan analisa setting relai yaitu Transformator 60 MVA.

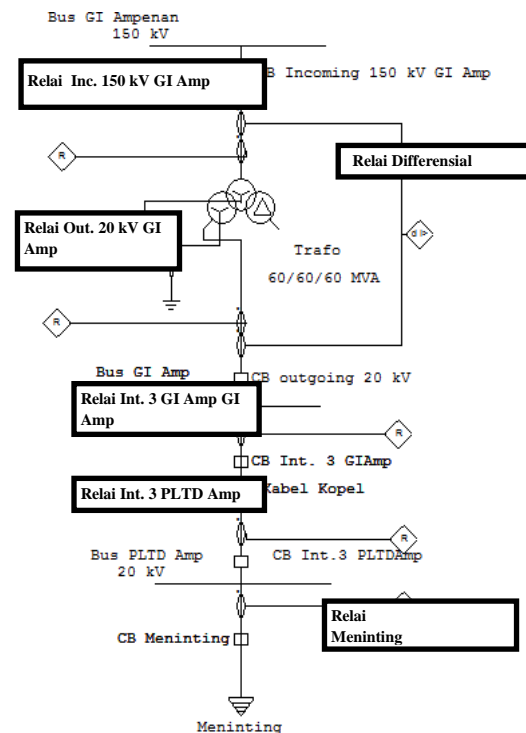
Langkah-langkah Penelitian.

- a. Buat single line diagram pada software ETAP v12.6.
- b. Pemodelan simulasi aliran daya
- c. Simulasi arus hubung singkat (Isc) pada Transformator 60 MVA dan Penyulang Meninting yang mencakup 3 Fasa, Fasa-Fasa, dan Fasa-ground.
- d. Hitung setting pengaman, OCR, EFR dan Differensial pada Transformator 60 MVA
- e. Buat kurva karakteristik relai pengaman untuk setting OCR dan EFR.
- f. Analisis koordinasi setting relai eksisting dan setting usulan.
- g. Langkah a-f . (Utani, Supriyatna, & Supriono, 2017)
- h. Analisis setting Relai Differensial pada Transformator 60 MVA.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Arus hubung singkat pada kondisi *real* menggunakan *software ETAP v12.6*. Untuk relai yang akan di koordinasikan pada transformator 3 di Gardu Induk Ampenan adalah Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3, *Outgoing* Trafo 3 dan *Incoming* Trafo 3 (GI Ampenan). Kondisi eksisting *setting* arus OCR Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3, *Outgoing* Trafo 3 dan *Incoming* Trafo 3 (GI Ampenan) adalah 220 A, 600 A, 1818 A, dan 242 A. Sedangkan Untuk hasil perhitungan *setting* TMS Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3 (GI Ampenan), *Outgoing* Trafo 3 dan *Incoming* Trafo 3

adalah 0,05, 0,12, 0,23 dan 0,28. Kemudian untuk kondisi eksisting *setting* arus EFR Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3 (GI Ampenan), *Outgoing* Trafo 3 dan *Incoming* Trafo 3 adalah 50 A, 60 A, 160 A dan 115 A. Sedangkan untuk hasil perhitungan *setting* TMS Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), dan Interkonektor 3 (GI Ampenan), *Outgoing* Trafo 3 dan *Incoming* Trafo 3 adalah 0,05 , 0,12 , 0,16 , dan 0,44



Gambar 1 Letak Relai Differensial, OCR dan EFR Transformator 60 MVA GI Ampenan

Jaringan distribusi yang terdapat pada bus tranformator 3 GI Ampenan adalah penyulang Meninting. Penyulang Meninting berada pada bus 20 kV PLTD Ampenan yang terhubung ke bus sistem 20 kV GI Ampenan melalui interkonektor 3 pada transformator 3 GI Ampenan. Penyulang meninting adalah saluran udara tegangan menengah (SUTM) menggunakan jenis penghantar AAAC 150 mm<sup>2</sup>, AAAC 70mm<sup>2</sup>, dan AAAC 50 mm<sup>2</sup>. Peralatan proteksi yang terpasang pada penyulang Meninting adalah OCR dan EFR dengan karakteristik standar *inverse*. Gambar 1 menunjukkan transformator 3 GI Ampenan dan Penyulang Meninting yang akan digambarkan pada *Software ETAP v12.6*. Hasil *running* ETAP berupa nilai arus hubung singkat yang kemudian nilai ini akan digunakan untuk melakukan *setting* relai arus

lebih dan relai gangguan tanah. Hasil simulasi menggunakan ETAP dapat dilihat pada Tabel 1.

Perhitungan setting OCR. Dengan memperhatikan karakteristik pada GI Ampenan yaitu pada setting OCR yang menggunakan standar *inverse*, perhitungan setting OCR berdasarkan arus gangguan hubung singkat tiga fasa. Nilai gangguan hubung singkat tiga fasa yang dijadikan acuan adalah nilai arus gangguan terbesar pada Penyulang (jarak 0%).

Tabel 1 Besar arus gangguan hubung singkat Penyulang Meninting menggunakan ETAP v12.6

No.	Lokasi (%)	Jarak dari GD (m)	Arus gangguan hubung singkat (A)		
			hs 3 $\Phi$ (*)	lhs $\Phi$ - $\Phi$ (*)	lhs $\Phi$ -T(*)
1.	0	0	6610	5740	301
2.	25	2150	4750	4130	297
3.	50	4320	4220	3660	295
4.	75	6730	3620	3140	292
5.	100	8490	3330	2890	290

**Perhitungan setting OCR.**

Perhitungan dilakukan pada Penyulang Meninting sebagai *outgoing* Penyulang, Interkonektor 3 PLTD Ampenan, Interkonektor 3 GI Ampenan, *Outgoing* 20 kV, dan *Incoming* 150 kV pada trafo tenaga.

1. *Setting* Usulan OCR pada Penyulang Meninting :

$$I_{beban} = 218,11 \approx 218 \text{ A}$$

$$CT = 1000/5 = 200$$

$$I_{set \text{ primer}} = 2 \cdot I_{beban}$$

$$= 2 \cdot 218$$

$$= 436 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ sek.}} = I_{set \text{ (pri)}} / \text{Ratio CT}$$

$$= \frac{436}{5}$$

$$= 436 \cdot \frac{1000}{1000} \cdot \frac{5}{1000}$$

$$= 2,18 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ instansious}} = 8 \times I_{set \text{ (pri.)}}$$

$$= 8 \times 436$$

$$= 3488 \text{ A}$$

Langkah selanjutnya mencari nilai TMS (*time multiple setting*) :

$$TMS = \frac{t_{set} \cdot [(I_{SC \text{ Maksimum}})^{0,02} - 1]}{I_{set \text{ Primer}}}$$

$$= \frac{0,14}{0,1[(6550)^{0,02} - 1]}$$

$$= \frac{436}{0,14}$$

$$= 0,04$$

**Perhitungan setting EFR.** Karakteristik EFR pada Gardu Induk Ampenan menggunakan standar *inverse*. *Setting* arus EFR berdasarkan nilai arus gangguan hubung singkat ketanah terkecil di Penyulang *Setting* Usulan EFR pada sisi *outgoing* Penyulang Meninting

Perhitungan setting EFR dengan karakteristik standar *invers* dilakukan dengan menggunakan hasil simulasi arus gangguan hubung singkat menggunakan bantuan ETAP v12.6.

Tabel 2 Perbandingan hasil perhitungan setting OCR kondisi eksisting dan Usulan

No	Lokasi	Keterangan Setting	Setting				Ratio CT	Kurva
			Iset (ampere)	TMS (detik)	I instantaneous (ampere)	I instentaneous (detik)		
			I>	t>>	I>>	t>>		
1	Meninting	Eksisting	220	0,05	1500	0	1000:5	IEC SI
		Usulan	436	0,04	3488	0,02		
2	Interkonektor 3 (PLTD Ampenan)	Eksisting	600	0,12	4000	0	1000:5	IEC SI
		Usulan	692	0,10	4125	0,05		
3	Interkonektor 3 (GI Ampenan)	Eksisting	600	0,12	4000	0	1000:5	IEC SI
		Usulan	726	0,11	4125	0,05		
4	Outgoing Trafo 3	Eksisting	1700	0,23	6000	0	2000:5	IEC SI
		Usulan	2078	0,13	10392	0,10		
5	Incoming Trafo 3	Eksisting	275	0,28	-	0	300:5	IEC SI
		Usulan	280	0,20	1680	0,15		

Langkah pertama yang dilakukan adalah mencari Iset, dimana *setting* arus EFR berdasarkan nilai arus gangguan hubung singkat ke tanah terkecil di Penyulang tersebut. Untuk mencari Iset dapat menggunakan persamaan (4).

$$I_{set \text{ primer}} = 20\% \cdot I_{sc} \text{ (gangguan di 100\%)}$$

$$= 0,2 \cdot 290$$

$$= 58 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ sek.}} = I_{set \text{ primer}} \cdot \text{Ratio CT} \cdot \frac{1}{\text{Ratio CT}}$$

$$= \frac{58}{5}$$

$$= 58 \cdot 200$$

$$= 1,45 \text{ A}$$

Langkah selanjutnya mencari nilai TMS :

$$TMS = \frac{t_{set} \cdot [(I_{SC \text{ Maksimum}})^{0,02} - 1]}{I_{set \text{ Primer}}}$$

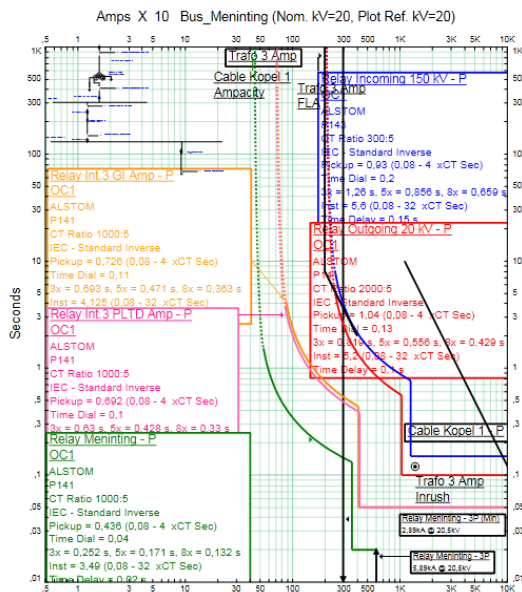
$$= \frac{0,14}{0,1[(301)^{0,02} - 1]}$$

$$= \frac{58}{0,14} = 0,02$$

Tabel 3 Perbandingan hasil perhitungan setting EFR kondisi Eksisting dan Usulan

No.	Lokasi	Keterangan Setting	Setting		Ratio CT	Kurva
			I <sub>set</sub> (ampere)	TMS (detik)		
1	Meninting	Eksisting	50	0,05	200:5	IEC SI
		Usulan	58	0,02		
2	Interkonektor 3 (PLTD Ampenan)	Eksisting	60	0,12	1000:5	IEC SI
		Usulan	72	0,06		
3	Interkonektor 3 (GI Ampenan)	Eksisting	60	0,12	1000:5	IEC SI
		Usulan	87	0,06		
4	Outgoing Trafo 3	Eksisting	160	0,16	2000:5	IEC SI
		Usulan	116	0,11		
5	Incoming Trafo 3	Eksisting	115	0,44	300:5	IEC SI
		Usulan	145	0,32		

**Analisis koordinasi proteksi.** Analisis koordinasi proteksi menggunakan bantuan software ETAP v12.6..



Gambar 2 TCC koordinasi OCR Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3 (GI Ampenan), Outgoing trafo 3, dan Incoming trafo 3 setting Usulan

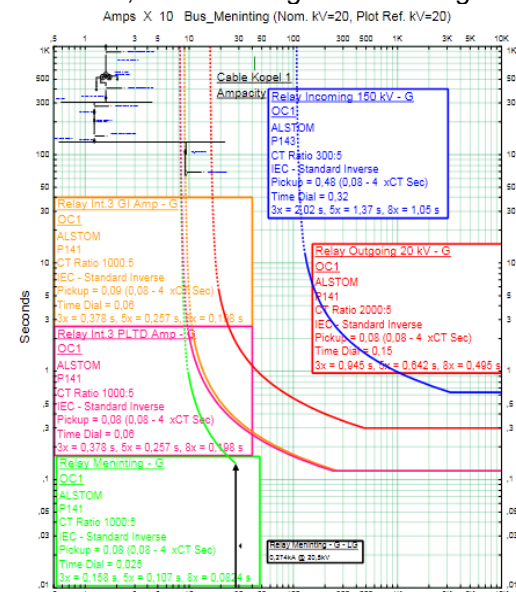
Analisis ini meliputi koordinasi antara Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3 (GI Ampenan), Outgoing trafo 3, dan Incoming trafo 3. Koordinasi pengaman yang akan dikoordinasikan adalah:

1. Koordinasi OCR Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3 (GI Ampenan), Outgoing trafo 3, dan Incoming trafo 3 setting usulan. Koordinasi ini dapat dilihat pada Gbr

2. Berdasarkan Gbr 2 setting overload usulan arus penyulang meninting didapatkan 436 A, arus beban 218 A dengan perbandingan arus setting usulan dan arus beban sebesar 218 A, dapat mengantisipasi apabila terjadi penambahan beban atau manuver penyulang pada sisi 20 kV bus PLTD Ampenan, sehingga relai dapat bekerja dengan selektif.

Hasil setting arus *instaneous* penyulang meninting lebih besar dibandingkan Isc minimum, sehingga apabila terjadi gangguan Isc minimum OCR pada kondisi normal inverse akan bekerja dalam waktu 0,15 detik. Sedangkan untuk *instaneous* akan bekerja apabila terjadi gangguan Isc maximum. Untuk itu, dapat di katakan bahwa OCR setting usulan tingkat selektivitasnya terpenuhi.

2. Koordinasi EFR Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3 (GI Ampenan), Outgoing trafo 3, dan Incoming trafo 3 setting usulan



Gambar 3 TCC koordinasi EFR Penyulang Meninting, Interkonektor 3 (PLTD Ampenan), Interkonektor 3 (GI Ampenan), Outgoing trafo 3, dan Incoming trafo 3 setting usulan

Berdasarkan Gambar 3 setting usulan arus EFR penyulang meninting didapatkan sebesar 58 A dengan TMS sebesar 0,02. Jika terjadi gangguan Isc satu Fasa ke tanah sebesar 0,274 kA maka relai pada kondisi normal inverse akan bekerja pada waktu 0,15 detik. Dengan demikian dapat dikatakan relai setting usulan akan lebih cepat atau lebih selektif dalam mengamankan gangguan

dibandingkan relai pada kondisi eksisting. Dimana, waktu kerja relai kondisi eksisting maka didapatkan 0,29 detik dengan TMS sebesar 0,05. Selisih waktu (*grading time*) Penyulang Meninting dengan Interkonektor 3 (PLTD Ampenan) dan Interkonektor 3 (GI Ampenan) adalah 0,220 detik apabila relai dipenyulang gagal bekerja. Sedangkan Selisih waktu (*grading time*) Penyulang Meninting dengan Outgoing Trafo 3 adalah 0,787 detik dan Selisih waktu (*grading time*) Penyulang Meninting dengan *incoming* Trafo 3 adalah 1,862 detik.

### Kesimpulan

1. Hasil simulasi *Etapv12.6* diperoleh  $I_{sc}$  maksimum (di 0% panjang penyulang) 5890 A, Fasa-Fasa dan 1 Fasa ke tanah (di 100% panjang penyulang) 2890 A, dan 274 A arus beban puncak 218 A.
2. *Setting* Usulan di dapatkan nilai *setting* arus primer dan TMS adalah :
  - a. Arus *setting* primer OCR Penyulang Meninting berturut-turut sampai *incoming* trafo 3 sebesar 436 A, 629 A, 726 A, 2078 A dan 280 A. Sedangkan TMS OCR Penyulang Meninting berturut-turut sampai *incoming* trafo 3 sebesar 0,04, 0,10, 0,11, 0,13, dan 0,20.
  - b. *Setting* arus primer EFR Penyulang Meninting berturut-turut sampai *incoming* trafo 3 sebesar 58 A, 72 A, 87 A, 116 A dan 145 A. Sedangkan TMS EFR sebesar 0,02, 0,12, 0,12, 0,11, dan 0,32.
3. Koordinasi didapatkan selisih waktu kerja adalah :
  - a. Penyulang Meninting akan bekerja pada waktu 0,315 detik dan selisih waktu masing-masing OCR dari Penyulang Meninting berturut-turut sampai *incoming* trafo 3 adalah 0,315, 0,378, 0,504, dan 0,945 detik.
  - b. Penyulang Meninting akan bekerja pada waktu 0,158 detik dan selisih waktu masing-masing EFR penyulang meninting berturut-turut sampai *incoming* trafo 3 adalah 0,220, 0,220, 0,787, dan 1,682 detik.

### Saran

1. Koordinasi relai dapat lakukan kembali dengan penambahan pembangkit dan penyulang 20 kV dengan memperhatikan perubahan beban dengan kapasitas pembangkit pada sisi Transformator 60 MVA.

2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *setting* relai differensial pada transformator 60 MVA untuk mensimulasi *setting* relai differensial ke program *Etapv12.6* dengan memperhatikan data eksisting di lapangan dan hasil perhitungan *setting* usulan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, P. M. (1998). Power System Protection. New York: IEEE Press.
- Komari. (2003). Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Jakarta: PLN.
- P3BJB, T. (2010). Proteksi P3BJB. Jakarta: PLN.
- Utani, H. S., Supriyatna, & Supriono. (2017). Koordinasi Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada GI Ampenan. Dielektrika Vol 4 No 2 Agustus 2017, 77 - 84.