

KOORDINASI RELE ARUS LEBIH DAN RELE GANGGUAN TANAH PADA GARDU INDUK AMPENAN *The Coordination Of Over Current Relay And Earth Fault Relay At The Ampenan Substation*

Helni Septa Utani¹, Supriyatna², Supriono³

ABSTRAK

Koordinasi sistem proteksi tenaga listrik bertujuan mengamankan gangguan pada sistem tenaga listrik untuk meminimumkan lamanya gangguan dan pelanggan yang terkena gangguan. Laporan bagian gangguan PT. PLN (Persero) APDP Mataram menunjukkan data gangguan yang terjadi pada GI (Gardu Induk) Ampenan khususnya pada Penyulang Cemara dan Gunungsari tahun 2014 masing-masing mengalami gangguan 3005 menit per tahun dan 4219 menit per tahun. Gangguan tersebut merupakan gangguan hubung singkat yang menyebabkan OCR dan EFR bekerja.

Penelitian ini menganalisis arus gangguan hubung singkat menggunakan software ETAP v7.5, dan koordinasi peralatan proteksi menggunakan software Power Plot 2.5 demo dan membandingkan TCC antara setting rele kondisi eksisting dan hasil perhitungan. Karakteristik OCR dan EFR menggunakan standar invers. OCR standar inverse akan dikombinasikan dengan instantaneous.

Hasil perhitungan TMS didapatkan untuk Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari masing-masing 0,16 dan 0,15, sesuai arus gangguan penyulang. Sedangkan TMS kondisi eksisting untuk Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari masing-masing 0,1 dan 0,05. Nilai setting OCR dan EFR yang direkomendasikan pada Penyulang Cemara dan Gunungsari sudah baik karena dapat memberikan waktu bagi fuse bekerja lebih dahulu untuk mengamankan gangguan sehingga koordinasi proteksi yang tepat dapat tercapai.

Kata Kunci : Koordinasi proteksi, OCR, EFR, Gangguan hubung singkat

ABSTRACT

The Coordination of electrical power protection system aimed at securing an appropriate disturbance in power systems with a view to minimizing the duration of disruption and minimizes the number of customers affected by disturbances. PT. PLN (Persero) APDP Mataram fault section report shows fault occurrence data in Ampenan Substation, specifically for Feeder Cemara and Gunungsari in 2014, 3005 minutes per year and 4219 minutes per year respectively. These faults were short-circuit fault that caused OCR and EFR to operate.

This final project analyzing the flow of short circuit fault of aid ETAP software v 7.5, and coordinating protection devices using Power Plot 5.2 software demo that was done by comparing the TCC between existing conditions relay setting and calculation result. Characteristics of relay that is used in the Ampenan substation for OCR and EFR is standard inverse. OCR standart inverse will combination with instantaneous.

While the result TMS is obtained for the Cemara feeder and Gunungsari feeder are 0,16 and 0,15 this condition are accordance with the current major disruption to the feeder. Meanwhile, TMS existing condition for Feeder Cemara and Gunungsari are 0.1 and 0.05 respectively. Setting value of OCR and EFR recommended by Feeder Cemara and Gunungsari is good enough because of its capabilities to give a chance for fuse to operate earlier so that perform protection coordination precisely.

Key words: Protection coordination, OCR, EFR, short-circuit fault

PENDAHULUAN

Gardu induk adalah salah satu komponen sistem tenaga listrik yang memegang peranan penting dalam penyaluran energi listrik dan pengaturan beban. Di dalam penyaluran energi listrik

diperlukan kontinuitas pelayanan yang baik kepada konsumen. Hal ini akan mempengaruhi keandalan sistem dan menyebabkan terjadinya pemadaman apabila keandalan sistem kurang baik.

Keandalan sistem tenaga listrik didukung oleh sistem proteksi. Sistem

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat Indonesia
Email : 1. helni.utani27@gmail.com, 2. supri1990@yahoo.com, 3. suprionomuda@yahoo.com

proteksi ini harus mampu melakukan koordinasi secara sempurna, agar tidak terjadi kerusakan pada peralatan dan menjaga kontinuitas pelayanan pada bagian sistem tenaga listrik yang tidak mengalami gangguan.

Proteksi pada sistem tenaga listrik dipasang pada peralatan-peralatan sistem tenaga listrik, misalnya generator, transformator, jaringan dan lain-lain, terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri seperti hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, dan lain-lain..

Kondisi *real* saat ini, sesuai dengan data gangguan yang terjadi pada GI (Gardu Induk) Ampenan khususnya pada Penyulang Cemara dan Gunungsari tahun 2014 tercatat untuk Penyulang Cemara mengalami pemadaman 3005 menit per tahun dan Penyulang Gunungsari 4219 menit per tahun. Penyebab utama dari pemadaman masing-masing Penyulang disebabkan oleh gangguan di jaringan dan juga gangguan di pembangkit.

Dari hasil data gangguan GI Ampenan, Penyulang yang sering mengalami gangguan arus lebih dan gangguan ke tanah adalah Penyulang Gunungsari dan Penyulang Cemara dengan total gangguan arus lebih pada Gunungsari dan Cemara adalah 18 kali dan 15 kali. Sedangkan untuk gangguan ke tanah masing-masing 18 kali dan 7 kali. Masing-masing Penyulang tersebut sering mengalami gangguan yang menyebabkan pemadaman.. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian penyebab-penyebab gangguan, terutama pada *setting* OCR dan EFR. Sehingga dalam penelitian ini, dilakukan *setting* kembali tentang proteksi pada Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari dengan mengacu pada data-data *real* yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) APDP Mataram dan PT. PLN (Persero) Area Mataram.

Sistem Tenaga Listrik. Sistem Tenaga Listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu, sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian tersebut dioperasikan serentak dalam rangka penyediaan tenaga listrik (Zulhidayah, 2010).

Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari GI distribusi sampai ke konsumen. Adapun fungsi yang lain dari sistem distribusi tenaga listrik adalah:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).

2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi (Suhadi, 2008).

Gangguan Hubung Singkat. 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 hubung singkat tidak simetris terdiri dari gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah dan dua fasa (Gonen, 1988).

Rele arus Lebih (*Over Current Rele*). Rele arus lebih merupakan pengaman utama untuk sistem distribusi tegangan menengah terhadap gangguan hubung singkat antar fasa. Rele arus lebih adalah rele yang bekerja terhadap arus lebih, rele akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai *setting* (I_{set}). Rele arus lebih terdapat beberapa karakteristik waktu yang dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu :

1. Rele Arus Lebih Seketika (*Instantaneous*). Rele yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai *setting*, rele akan bekerja dalam waktu beberapa millidetik (10 - 20).
2. Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*). Rele ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui *setting* (I_s), dan jangka waktu kerja rele mulai *pick up* sampai kerja rele diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan rele.
3. Rele arus lebih waktu terbalik (*Inverse Rele*). Rele ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya (Komari, 2003).

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

$$I_{set \text{ primer}} = 1,05 \cdot I_n \text{ (ampere)} \quad \text{Atau} \\ I_{set \text{ primer}} = (2 \text{ sampai } 2,5) \cdot I_{beban} \quad (1)$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = I_{set \text{ primer}} \cdot \frac{1}{\text{ratio CT}} \text{ (ampere)} \quad (2)$$

Setting TMS standar invers menggunakan persamaan :

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

(Kadarsiman, 2004).

Rele Gangguan Tanah atau Earth Fault Rele (EFR). Rele hubung tanah yang lebih dikenal dengan EFR (*Earth Fault Relay*) berfungsi untuk mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah. *Setting* arus EFR berdasarkan nilai arus gangguan hubung singkat minimum Penyulang. *Setting* arus EFR dapat dihitung menggunakan persamaan:

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

(arus gangguan ke tanah ujung saluran)
(ampere)

Setting TMS EFR jenis *inverse* adalah:

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

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan *setting* rele agar terjadi koordinasi proteksi pada Gardu Induk Ampenan. Penelitian ini dimulai dengan melakukan analisis hubung singkat menggunakan *software* ETAP v7.5 dan menghitung *setting* rele arus lebih dan rele gangguan tanah, kemudian melakukan analisa koordinasi proteksi menggunakan bantuan *power plot v2.5*.

Alat penelitian. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

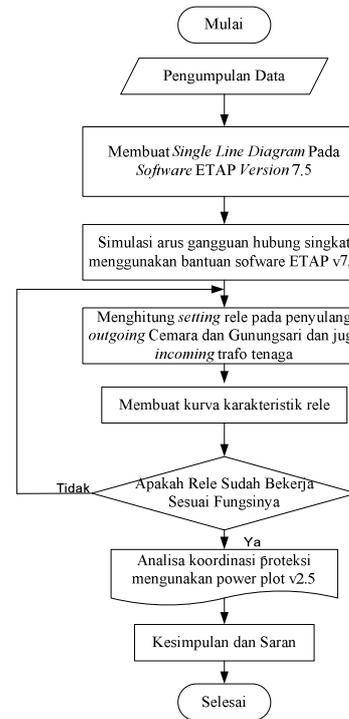
- Perangkat keras : Seperangkat Netbook sebagai sistem operasi lengkap dengan perangkat laun *mouse*, printer dan komponen pendukungnya.
- Perangkat lunak : *Microsoft Office 2007*, *Software ETAP v 7.5* dan *Power Plot 2.5 demo*

Bahan penelitian. Bahan Penelitian ini menggunakan data-data sekunder yang terdapat di PT. PLN (Persero) APDP Mataram dan PT. PLN (Persero) Area Mataram. Penyulang yang dijadikan contoh untuk melakukan analisa *setting* rele yaitu Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Mataram khususnya jaringan distribusi 20 kV pada *outgoing* Penyulang Cemara, *outgoing*

Penyulang Gunungsari dan *incoming* Ampenan 2, *incoming* Sewa Tama 3, *incoming* trafo, *incoming* Ampenan 1, *incoming* Cogindo. Waktu penelitian dari bulan Desember 2014 sampai dengan November 2015. Alur penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

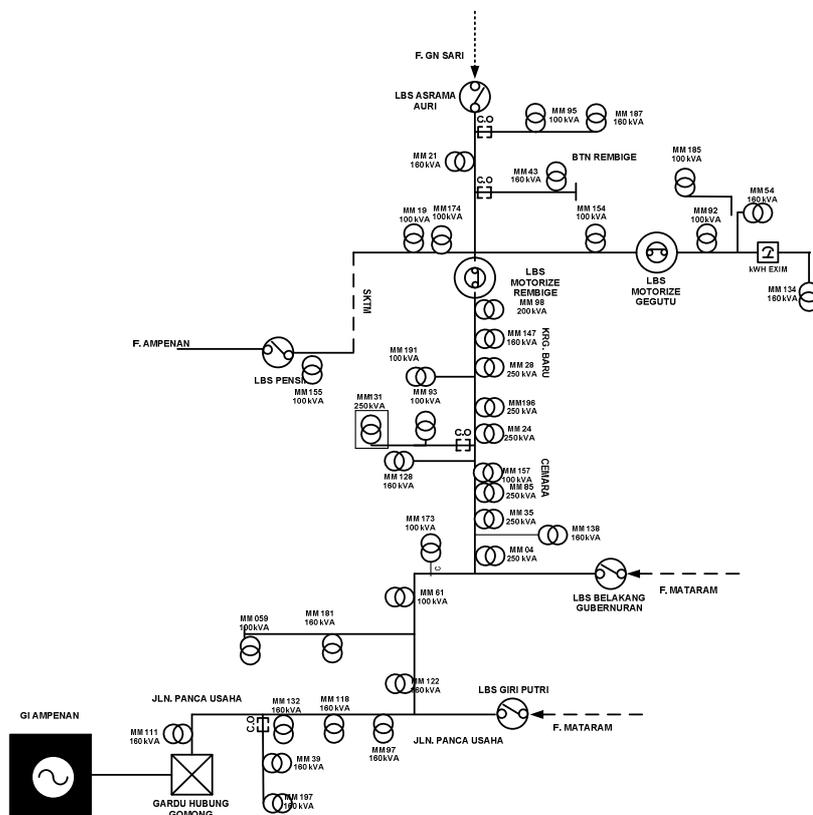
Langkah-langkah penelitian. Untuk menyelesaikan tugas akhir ini dilakukan melalui beberapa tahapan atau langkah-langkah sebagai berikut :

1. Penelitian dimulai dengan proses pengumpulan data. Data-data diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area Mataram dan PT. PLN (Persero) APDP Mataram.
2. Membuat *single line diagram* pada *software* ETAP v7.5.
3. Mensimulasi arus gangguan dan menganalisa permasalahan gangguan hubung singkat menggunakan bantuan *software* ETAP v7.5.
4. Menghitung *setting* pengaman OCR dan EFR
5. Membuat kurva karakteristik waktu kerja *setting* pengaman OCR dan GFR terhadap arus gangguan.
6. Analisa koordinasi proteksi dengan bantuan program *power plot demo v.2.5*.
7. Menganalisa koordinasi *setting* rele eksisting dan hasil perhitungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis tugas akhir ini adalah untuk mengetahui koordinasi rele arus lebih dan rele gangguan tanah pada Gardu Induk Ampenan. Untuk melakukan koordinasi maka akan dilakukan perhitungan *setting* rele arus lebih dan rele gangguan tanah. Sebelum melakukan *setting* rele terlebih dahulu melakukan studi hubung singkat dengan mengasumsikan gangguan pada beberapa bus. Untuk mengetahui besar arus hubung singkat pada kondisi *real* dengan

menggunakan bantuan *software ETAP v7.5*. Koordinasi peralatan pengamannya menggunakan *power plot v2.5 demo*. Hasil simulasi arus hubung singkat menggunakan ETAP tersebut nantinya akan digunakan untuk menentukan *setting* rele serta membuat koordinasi rele. simulasi arus hubung singkat di lakukan pada sub Penyulang terpanjang dari Penyulang *outgoing* Cemara dan Penyulang *outgoing* Gunungsari dan menentukan lokasi gangguan dengan jarak yang telah ditentukan yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%

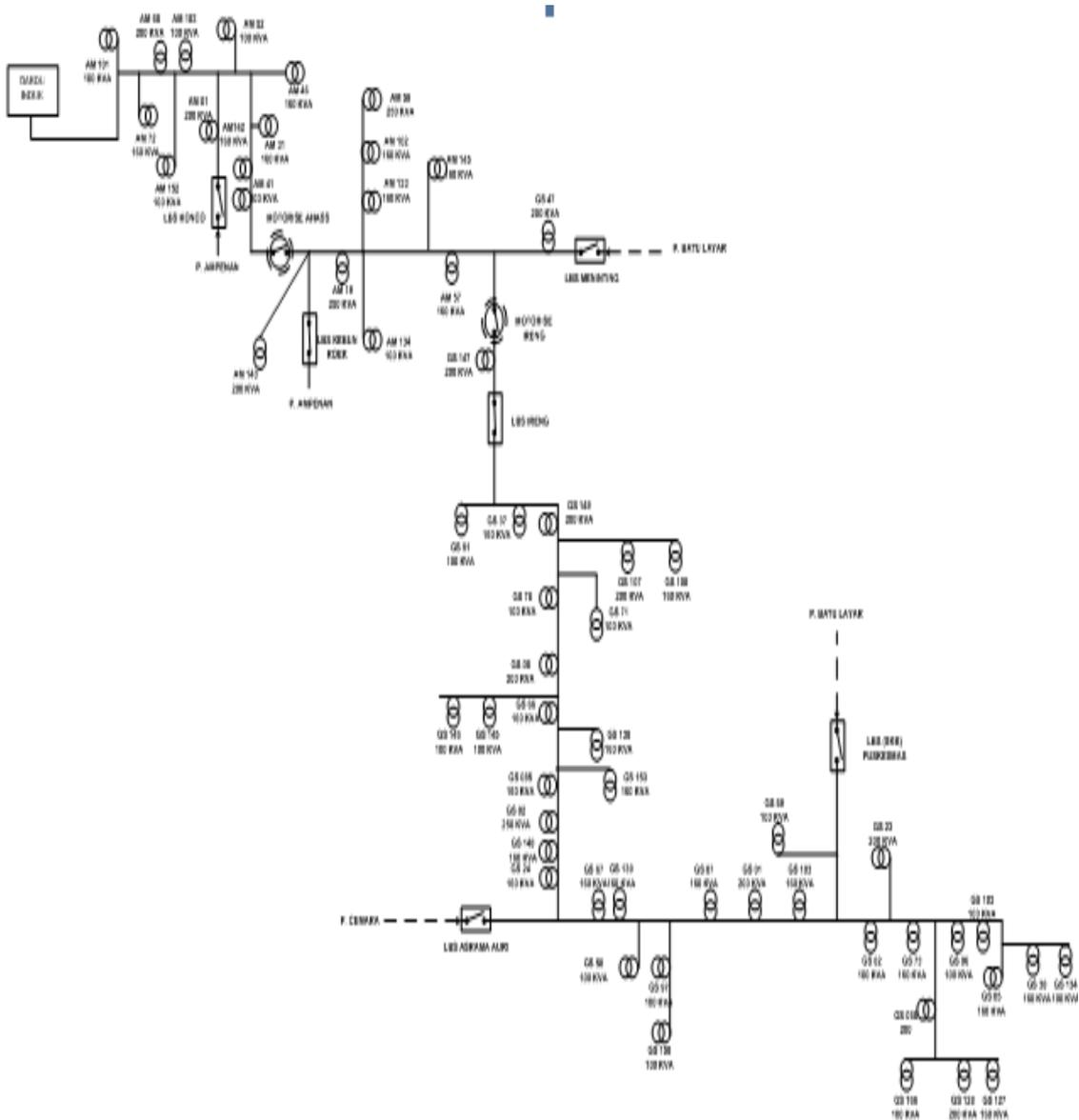


Gambar 2 Single line diagram Penyulang Cemara

Tabel 1 Besar arus gangguan hubung singkat Penyulang Cemara menggunakan ETAP7.5

Gambar 2 menunjukkan Penyulang Cemara yang akan digambarkan pada *Software ETAP v7.5* untuk mendapatkan nilai gangguan hubung singkat dengan jarak-jarak yang telah ditentukan. Hasil *running* ETAP yang berupa nilai dari arus hubung singkat yang kemudian nilai ini akan digunakan untuk melakukan *setting* rele arus lebih dan rele gangguan tanah. Hasil simulasi Penyulang Cemara menggunakan ETAP dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

No.	Lokasi gangguan (%)	Jarak dari Gardu Distribusi (km)	Arus gangguan hubung singkat (A)		
			$I_{hs\ 3\phi}$	$I_{hs\ \phi-\phi}$	$I_{hs\ 1\phi-T}$
1	0	0	12888	11303	301
2	25	1,229	2351	2038	275
3	50	2,459	2169	1880	272
4	75	3,688	2038	1767	269
5	100	4,918	1862	1614	266



Gambar 3 Single line diagram Penyulang Gunungsari

Hasil simulasi Penyulang Gunungsari menggunakan ETAP dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2 Besar arus gangguan hubung singkat Penyulang Gunungsari menggunakan ETAP 7.5

No.	Lokasi gangguan (%)	Jarak dari Gardu Distribusi (km)	Arus gangguan hubung singkat (A)		
			$I_{hs\ 3\phi}$	$I_{hs\ \phi-\phi}$	$I_{hs\ 1\phi-T}$
1	0	0	12888	11303	301
2	25	3,862	5177	4495	292
3	50	7,724	3351	2875	284
4	75	11,585	2381	2064	274
5	100	15,447	1783	1544	262

Perhitungan setting OCR. Perhitungan setting OCR dilakukan pada Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari sebagai *outgoing* Penyulang. Untuk perhitungan setting OCR disisi *incoming* dilakukan pada trafo tenaga, *interkoneksi* Ampenan 1, *interkoneksi* Ampenan 2, PLTD Sewa Cogindo, dan PLTD Sewa Tama 3. Setting arus OCR pada Penyulang Cemara:

$$I_{\text{beban maks}} = 184,75 \text{ Ampere}$$

$$CT = 400/5 = 80$$

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

$$= 2 \cdot 184,75$$

$$= 369,5 \text{ Ampere} \approx 370 \text{ Ampere}$$

$$I_{set\ sekunder} = I_{set\ primer} \cdot \frac{1}{RatioCT}$$

$$= 370 \cdot \frac{5}{400}$$

$$= 4,63\ Ampere$$

$$I_{set\ instanious} = 5 \cdot I_{set\ primer}$$

$$= 5 \cdot 370$$

$$= 1850\ Ampere$$

$$TMS = \frac{0,3 \cdot x \left[\left(\frac{12888}{370} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \text{ detik}$$

$TMS = 0,16\ detik$

Tabel 3 Hasil perhitungan setting OCR

Parameter	Gunungsari	Incoming Trafo	Incoming Ampenan 1	Incoming Ampenan 2	Sewa Tama 3	Cogindo
IL max (A)	200	866	300	310	315	235
$I_{set\ primer}$ (A)	400	910	600	620	630	470
CT Ratio	400 : 5	1000 : 5	1000 : 5	1000 : 6	400 : 5	400 : 5
$I_{set\ sekunder}$	5	4,55	3	3,72	7,88	5,88
TMS (detik)	0,15	0,19	0,23	0,22	0,24	0,22

Waktu kerja hilir ditetapkan satu t = 0,3 detik.

Perhitungan setting EFR. Karakteristik EFR pada Gardu Induk Ampenan menggunakan *standar inverse*. Setting arus EFR berdasarkan nilai arus gangguan hubung singkat ke tanah terkecil di Penyulang

$$I_{set\ primer} = 35\% \cdot I_{sc} \text{ (gangguan di 100\% panjang Penyulang)}$$

$$= 0,35 \cdot 266$$

$$= 93,1\ Ampere \approx 90\ Ampere$$

$$I_{set\ sekunder} = I_{set\ primer} \cdot \frac{1}{Ratio\ CT}$$

$$= 90 \cdot \frac{5}{200}$$

$$= 2,25\ Ampere$$

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

$$TMS = \frac{0,3 \cdot \left[\left(\frac{301}{90} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \text{ detik}$$

$TMS = 0,05\ detik$

Hasil perhitungan setting EFR selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.

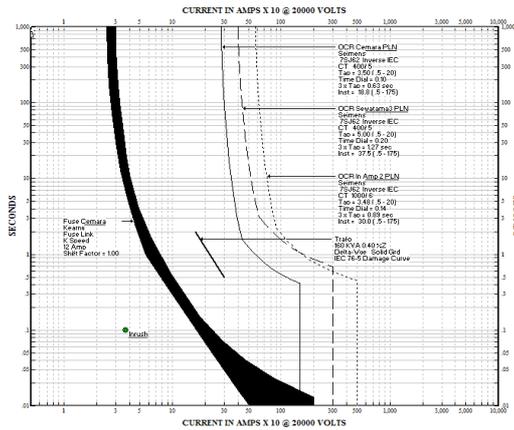
Tabel 4. Hasil perhitungan setting EFR

Parameter	Gunungsari	Incoming Trafo	Incoming Ampenan 1	Incoming Ampenan 2	Sewa Tama 3	Cogindo
$I_{sc\ minimum}$ (A)	262	262	262	266	266	262
$I_{set\ primer}$ (A)	90	130	130	130	130	130
CT Ratio	200 : 5	1000 : 5	1000 : 5	1000 : 6	400 : 5	400 : 5
$I_{set\ sekunder}$	2,25	1,63	0,65	0,65	1,63	1,63
TMS (detik)	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,5

Analisa Koordinasi proteksi. Analisa koordinasi proteksi menggunakan bantuan *software power plot*. Analisa ini meliputi koordinasi antar *outgoing* Penyulang dengan *incoming* trafo, *outgoing* Penyulang dengan *incoming* PLTD Ampenan, *outgoing* Penyulang dengan *incoming* PLTD Sewa. Koordinasi pengamanan yang akan

dikoordinasikan adalah rele arus dan rele gangguan tanah.

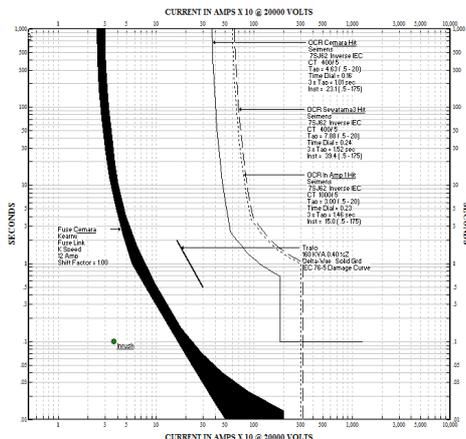
- Koordinasi OCR *outgoing* Penyulang Cemara dengan *incoming* Ampenan 2 dan *incoming* Sewa Tama 3



Gambar 4 TCC koordinasi OCR *outgoing* Penyalang Cemara dengan *incoming* Ampenan 2 dan *incoming* Sewatama 3 kondisi eksisting

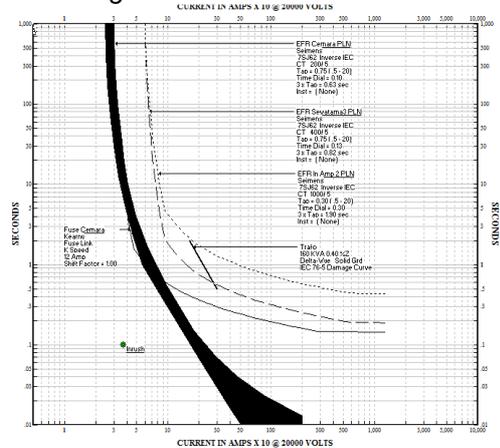
Karakteristik kondisi eksisting tidak selektif karena OCR bekerja dalam daerah pengaman *fuse* dan tidak bekerja menurut standar yang digunakan yaitu standar *inverse*. Selisih waktu (*grading time*) Penyalang Cemara dengan *incoming* Ampenan 2 dan *incoming* Sewatama 3 adalah 0,6 detik jika rele di Penyalang gagal bekerja.

Kondisi Rekomendasi sudah memenuhi syarat jika terjadi arus gangguan hubung singkat 1614 ampere, maka *fuse* akan melebur terlebih dahulu 0,018 detik, bila *fuse* gagal untuk melebur maka OCR akan bekerja untuk mengamankan gangguan dalam waktu 0,52 detik. Koordinasi antara OCR *outgoing* Penyalang Cemara dengan *incoming* PLTD Ampenan 2 kondisi. Selisish waktu antara *outgoing* Penyalang Cemara *incoming* Sewatama 3 1,08 detik.



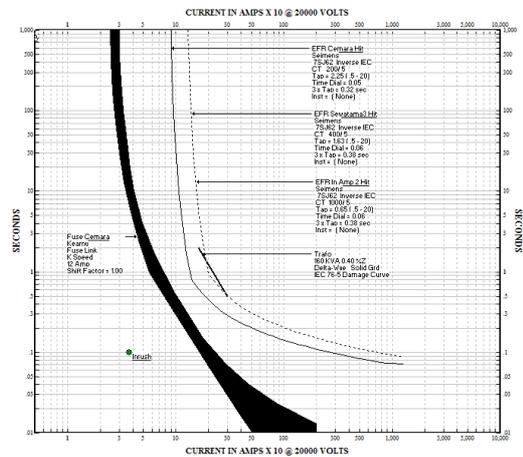
Gambar 5 TCC koordinasi OCR *outgoing* Penyalang Cemara dengan *incoming* Ampenan 2 dan *incoming* Sewatama 3 kondisi rekomendasi

- Koordinasi EFR *outgoing* Penyalang Cemara dengan *incoming* Ampenan 2 dan *incoming* Sewa Tama 3



Gambar 6 TCC koordinasi EFR *outgoing* Penyalang Cemara dengan *incoming* Ampenan 2 dan *incoming* Sewatama 3 kondisi eksisting

Selisih waktu (*grading time*) Penyalang Gunung Sari dengan *incoming* Ampenan 1 0,72 detik apabila rele dipenyulang gagal bekerja. Selisih waktu (*grading time*) Penyalang Gunung Sari dengan *incoming* Cogindo 0,82 detik, dan Selisih waktu (*grading time*) Penyalang Gunung Sari dengan *incoming* Trafo 1,65 detik.



Gambar 7 TCC koordinasi EFR *outgoing* Penyalang Cemara dengan *incoming* Ampenan 2 dan *incoming* Sewatama 3 kondisi eksisting

Koordinasi *outgoing* Gunung Sari dengan *incoming* Sewa Cogindo kondisi Rekomendasi akan memberi selisih waktu 0,54 detik. Selisih waktu *outgoing* Gunung Sari dengan *incoming* Ampenan 1 0,85 detik sedangkan Selisih waktu *outgoing* Gunung Sari dengan *incoming* Trafo 1,73 detik.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari analisis perhitungan dan koordinasi OCR dan EFR penyulang Cemara dan penyulang Gunungsari GI Ampenan adalah :

1. Arus beban Penyulang digunakan untuk menghitung *setting* OCR dimana arus *setting* primer Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari masing-masing 370 ampere dan 400 ampere. Dari hasil simulasi didapatkan besar arus hubung singkat maksimum tiga fasa Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari sebesar 12888 ampere. Arus gangguan maksimum dan arus *setting* primer digunakan menghitung TMS. Dimana TMS pada penyulang Cemara dan penyulang Gunungsari adalah 0,16 detik dan 0,15.
2. Arus gangguan hubung singkat minimum satu fasa ke tanah Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari masing-masing 262 ampere dan 266 ampere. Arus gangguan minimum digunakan menghitung *setting* EFR. Dimana arus *setting* primer penyulang Cemara adalah 90 ampere dan Penyulang Gunungsari adalah 90 ampere. Sedangkan TMS Penyulang Cemara dan Penyulang Gunungsari 0.05 detik dan 0.05.
3. Koordinasi OCR dan EFR pada GI Ampenan sudah dapat dikatakan baik. Jika terjadi gangguan pada ujung penyulang Cemara (1544 ampere), OCR akan bekerja pada waktu 0,52 detik dan memiliki selisih waktu 1,08 detik dengan *incoming* Ampenan 2.

SARAN

1. Koordinasi rele dapat lakukan kembali dengan penambahan Trafo Tenaga dan memperhatikan perubahan beban dengan kapasitas trafo.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk gangguan hubung singkat satu fasa berupa gangguan *sympathetic trip* yang terjadi pada penyulang 20 kV.
3. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai penduan dalam melakukan *setting* OCR dan EFR pada GI Ampenan.

DAFTAR PUSTAKA

- Gonen, T., 1988, *Modern Power System Analysis*, California State University, New York.
- Kadarsiman, P., Sarimun., W. N., 2004, *Pengaman Sistem Distribusi*, PT PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan, Jakarta.
- Komari., 2003, *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta.
- Suhadi dan Wrahatnolo, T., 2008, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta.
- Zulhidayah, S., 2010, *Analisis Proteksi Jaringan Distribusi Udara 20 kV Pada Gardu Hubung Moyo Hilir Kota Sumbawa Besar*, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram.