

# ANALISIS KOORDINASI SISTEM PROTEKSI PADA PENYULANG BAYAN - GH TANJUNG TERHADAP PENGARUH *DISTRIBUTED GENERATION* (DG)

THE ANALYSIS OF PROTECTION SYSTEM COORDINATION ON BAYAN FEEDER - GH TANJUNG BY DG INFLUENCE

Sarah, Supriyatna<sup>1</sup>, dan Supriono<sup>3</sup><sup>1</sup>

---

## ABSTRAK

Sistem proteksi melakukan pemisahan bagian yang mengalami gangguan dan yang tidak mengalami gangguan salah satu penunjangnya adalah pengaman yang tepat. Penelitian ini menganalisis koordinasi sistem proteksi pada Penyulang Bayan terhadap pengaruh *Distributed Generation* (DG). Analisis dalam penelitian ini menggunakan software ETAP V12,6. Ketika disimulasikan dengan kondisi interkoneksi on nilai dari arus hubung singkat terhadap pengaruh DG, terjadi penambahan nilai arus hubung singkat disebabkan adanya suplai dari DG kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui nilai yang tepat dalam menentukan nilai setting rele dan fuse cut out, dan membandingkan TCC Antara koordinasi fco dengan setting rele kondisi eksisting dan hasil perhitungan. Untuk setting eksisting OCR penyulang Bayan dengan nilai Iset primer 140 A, Iinstantaneous 600 A, dan TMS 0,05. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan Iset primer 172 A, Iinstantaneous 688 A, dan TMS 0,03. *Setting* eksisting OCR pada outgoing rele DG dengan nilai Iset 262 A, Iinstantaneous 920 A, dan TMS 0,07. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai Iset primer, Iinstantaneous dan TMS yaitu 288 A, 864 A 0,01, dengan karakteristik standar invers. Hasil perhitungan TMS pada outgoing rele penyulang Bayan dalam kondisi interkoneksi on didapatkan 0,03 dengan nilai instantaneous 688 A sedangkan dalam kondisi interkoneksi off didapatkan 0,01 dengan nilai instantaneous 309 A . TMS pada outgoing rele DG didapatkan 0,03. Untuk setting eksisting EFR Penyulang Bayan dengan nilai Iset primer dan TMS yaitu 30 dan 0,05. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai nilai Iset primer dan TMS yaitu 45,2 dan 0,02

**Kata Kunci** : Koordinasi proteksi, OCR, EFR, FCO, DG

---

## ABSTRAC

*The protection system needs to separate the effected parts and that does not interfere with one of its supporting is the proper safeguard. This study analyzes the coordination of protection system on Bayan repeater to the influence of Distreibuted Generation (DG). To analyze in this research used ETAP Software V12,6. When simulated with the interconnect condition on the value of the short-circuit current to the DG, an increase in short circuit current value due to to supply of DG is then analyze to determine the exact value in determining the value of sitting rele and fuse cut out, and comparing TCC between FCO coordination and setting relating to existing condition and calculation results. For existing OCR Bayan repeater with the value of the primery Iset 140 A, Instantaneous 600 A, and TMS 0,05. After calculating, it was obtained primery Iset 172 A, instataneous 688 A, and TMS 0,03. Existing OCR setting on outgoing releases DG with value Iset 262 A, instataneous 920 A, and TMS 0,07. After the calculation, the value of primery, instataneous and TMS is 288 A, 864 A 0,01 with the inversestandart. The result of TMS calculation on outgoing Bayan repeater relay in interconnection condition was obtained 0,03 with Iinstataneous value 688 A. While in interconnection condition 'off' got 0,01 with instataneous value 309 A. TMS on outgoing releases DG obtained 0,03. For the existing EFR Bayan and TMS values of 30 and 0,05. After the calculation is reached, the value of primery Iset and TMS is 45,2 and 0,02.*

*Key Word* :The coordination of protection, OCR, EFR, DG

---

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

Email : sarahmecca93@gmail.com, supri1990@yahoo.com, supriono@unram.ac.id

## PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan utama yang tidak bisa tergantikan dan memiliki peran penting dalam aktivitas keseharian manusia. Kondisi ini didasari oleh pesatnya kemajuan teknologi kelistrikan yang mempengaruhi kehidupan sehari-hari. Salah satu penunjangnya adalah pengaman yang tepat. Gangguan yang terjadi pada tenaga listrik ada yang bersifat gangguan internal dan gangguan eksternal. Sebagian besar gangguan bersifat eksternal, misalnya gangguan hubung singkat pada jaringan yang dilakukan oleh sistem itu sendiri. Hal ini menyebabkan sistem proteksi (*relay* atau *Circuit Breaker*) bekerja untuk memisahkan jaringan yang terganggu dengan jaringan yang dalam kondisi baik. Sedangkan gangguan internal gangguan yang diakibatkan kerusakan di dalam sistem.

Sistem proteksi atau pengaman ini diperlukan untuk memisahkan bagian yang mengalami gangguan dan yang tidak mengalami gangguan. Gangguan bisa terjadi sekalipun sudah dilengkapi dengan sistem proteksi. Gangguan yang sering kali terjadi adalah gangguan *Over Current (OC)*.

Gangguan arus hubung singkat dapat terjadi pada penghantar, dan hal ini mengakibatkan gangguan pada semua beban yang ada atau apabila terjadi gangguan pada salah satu feeder maka semua pelanggan yang terhubung terganggu.

Untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Lombok yang semakin tinggi, didirikan PLT EBT (Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan) atau sering disebut dengan Distributed Generation (DG) atau pembangkit tersebar. Yang mana letak DG dekat dengan konsumen. Beberapa DG dibangun untuk memenuhi kebutuhan sistem yang ada pada sistem kelistrikan Lombok yaitu PLTMH Cakra, PLTMH Kukusan, PLTMH Kokok Putih, PLTMH Narmada, PLTMH Pengga, PLTMH Sesaot, PLTMH Segara, PLTMH Santong, dan PLTS 3 Gili. PLT EBT memiliki kapasitas desain terpasang yang lebih besar dari 200 kW atau 1/15 dari beban puncak penyulang, maka PLT EBT harus dilengkapi dengan proteksi cadangan, sehingga ketika ada gangguan pada fungsi proteksi utama sistem masih memenuhi persyaratan untuk mengatasi gangguan.

Kemudian, salah satu DG pada sistem kelistrikan Lombok dengan kapasitas lebih dari 200 kW adalah PLTMH segara dengan kapasitas sebesar 7,6 MW, sehubungan dengan itu maka

akan dilakukan penelitian pada penyulang yang terhubung dengan PLTMH Segara yaitu penyulang Bayan. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka pada penelitian ini membahas "Analisis Koordinasi Sistem Proteksi pada Penyulang Bayan – Gardu Hubung Tanjung Terhadap Pengaruh DG".

*Sistem tenaga listrik* terdiri dari tiga bagian utama yaitu: pusat-pusat pembangkit, saluran transmisi, dan saluran distribusi serta beban. Pusat pembangkit berfungsi untuk mengkonversikan sumber energi primer seperti air, gas, panas bumi, dan nuklir menjadi energi listrik. Melalui transformator penaik tegangan, daya listrik tersebut dikirimkan lewat saluran transmisi tegangan tinggi menuju pusat-pusat beban. Dari gardu induk tersebut kemudian daya listrik dikirimkan lewat saluran distribusi ke transformator, (Sau, 2015).

**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 unda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai 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 pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat waktu tertentu.
2. Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*). Rele ini akan memberikan perintah *setting*, rele akan bekerja dalam waktu beberapa mill detik (10 - 20).
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-nya makin kecil waktu tundanya (Komari,2003).

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

$$I_{set \text{ primer}} = 1,2 \cdot I_n \text{ (ampere)} \quad (2-5)$$

5)

( Proteksi P3BJB, 2010 )

Atau

$$I_{set \text{ primer}} = (2 \text{ atau lebih}) \cdot I_{bebanmax} \quad (2-6)$$

(Anderson, 1999)

Sedangkan setting TMS standar invers menggunakan persamaan :

$$TMS = \frac{I_{set} \cdot \left[ \left( \frac{I_{sc \text{ Maksimum}}}{I_{set \text{ Primer}}} \right)^{0,14} - 1 \right]}{0,14} \text{ detik} \quad (2-10)$$

10)

### 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:

$$I_{set} \leq 50\% \cdot I_{sc \text{ min}} \text{ (arus gangguan ke tanah ujung saluran) (ampere)} \quad (2-13)$$

$$TMS = \frac{I_{set} \cdot \left[ \left( \frac{I_{sc \text{ Maksimum}}}{I_{set \text{ Primer}}} \right)^{0,14} - 1 \right]}{0,14} \text{ detik} \quad (2-10)$$

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sistem proteksi pada Penyulang Bayan GH-Tanjung dengan adanya DG. Penelitian ini dimulai dengan melakukan analisis hubung singkat dengan menggunakan *software* ETAP *version* 12.6. dan menghitung *setting* rele arus lebih dan rele gangguan tanah, menentukan rating fco kemudian melakukan analisa koordinasi proteksi.

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

- Perangkat keras : Laptop LENOVO Sistem Operasi Windows 7 Ultimate 32-bit dengan spesifikasi Intel Pentium Ram 2 GB lengkap dengan perangkat lain *mouse*, printer dan komponen pendukungnya.

- Perangkat lunak : *Microsoft Office* 2010 dan *Software ETAP v 12.6*.

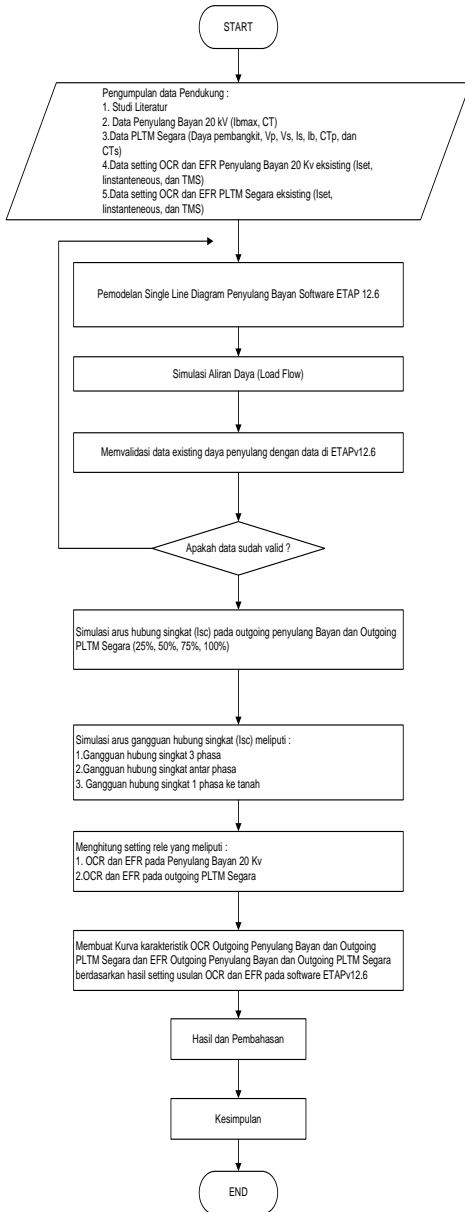
**Bahan penelitian.** Bahan penelitian ini menggunakan data – data sekunder yang terdapat di PT.PLN (Persero) APDP Mataram dan PT. PLN (Persero) Area Mataram .

**Lokasi dan Waktu Penelitian** Penelitian ini dilaksanakan di Mataram khususnya pada GI Ampenan, GH Tanjung Outgoing Penyulang Bayan, dan Lombok Utara untuk Outgoing PLTM Segara. Waktu pelaksanaan penelitian ini dari Mei 2016 sampai dengan April 2018..

**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 v12.6.
3. Pemodelan Simulasi Aliran Daya.
4. Simulasi arus hubung singkat (Isc) pada Penyulang Bayan yang terhubung PLTM dengan kondisi on grid dan of grid yang mencakup 3 fasa, fasa – fasa, dan ground fasa.
5. Menghitung setting pengaman, OCR dan EFR.
6. Membuat Kurva Karakteristik rele pengaman untuk FCO, Setting OCR dan EFR.
7. Menganalisis Setting rele Eksisting dan Usulan
8. Menarik Kesimpulan.

Alur penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

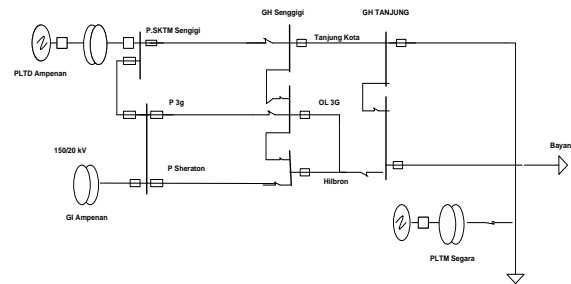
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis tugas akhir ini adalah untuk menganalisis koordinasi sistem proteksi rele dengan FCO pada Penyulang Bayan GH-Tanjung dengan adanya DG. Sebelum melakukan koordinasi rele dengan FCO, terlebih dahulu melakukan studi hubung singkat dengan mengasumsikan gangguan pada beberapa bus dengan menggunakan *software ETAP version 12.6*, kemudian melakukan *setting* rele OCR, EFR dan koordinasi dengan FCO.

### Sistem Kelistrikan Penyulang Bayan

Data-data yang diperlukan untuk studi hubung singkat adalah data pembangkit, transformator,

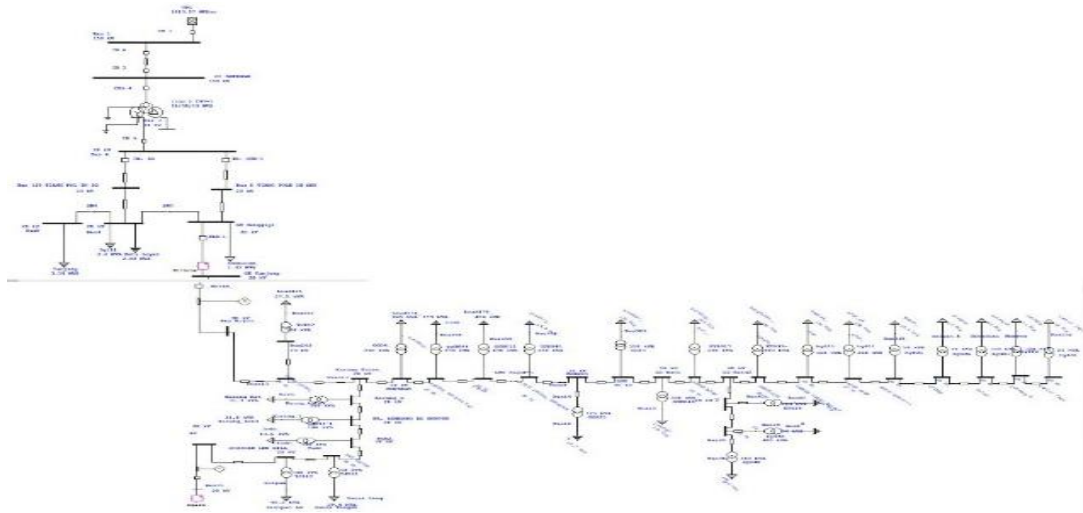
saluran distribusi, beban serta single diagram dari Gardu Induk (GI) Ampenan sampai kepada Penyulang Bayan GH Tanjung, yang di tunjukkan pada Gambar 4.1. Single diagram terdiri dari GI Ampenan menuju GH Senggigi, melalui 2 penyulang yaitu Penyulang senggigi dan outline penyulang 3gili, Kemudian dari GH Senggigi menuju GH Tanjung Melalui 3 penyulang yaitu penyulang Sheraton, Penyulang 3 Gili Dan GH Tanjung adalah letak dari Penyulang Tanjung dan Penyulang Bayan.



Gambar 4.1 Single Line Diagram Penyulang Bayan GH Tanjung dan PLTM Segara

### Simulasi dan Analisis Gangguan Hubung Singkat

Pada penggambaran di *software ETAP*, simulasi arus hubung singkat dilakukan pada sub penyulang Bayan yaitu dalam keadaan koneksi on, lokasi gangguan ditinjau dari GH Tanjung dan PLTM/DG untuk melihat arus gangguan hubung singkat 3 fasa, antar fasa dan fasa ke ground dari sistem PLN dan DG yang disajikan dalam bentuk tabel. Dan melihat pengaruh adanya PLTM/DG dengan pertama kondisi Koneksi dengan DG On, off, dan kondisi ketika sistem of dan suplai dari DG. Kemudian menentukan lokasi gangguan dengan jarak yang telah ditentukan yaitu 0%, 25%, 50%, dan 100%



Gambar 4.6 Single Line Diagram Penyulang Bayan dalam ETAP v12.6

**Pengaruh Kondisi Interkoneksi ON terhadap Nilai Arus Hubung Singkat**

Tabel 4.3 Nilai arus hubung singkat dalam

Lokasi Gangguan (%)	Dari GH Tanjung (m)	Arus hubung singkat (A)					
		Kondisi interkoneksi on			Kondisi interkoneksi off		
		3Φ	Φ-Φ	Φ-G	3Φ	Φ-Φ	Φ-G
0	0	886	740	147	309	267	108
25	9348	792	590	138	283	245	117
50	18696	702	663	132	270	234	109
75	14022	682	574	131	267	134	000
100	37393	477	405	113	228	198	097

kondisi interkoneksi on dan off

Tabel 4.3 menunjukkan ketika dalam kondisi interkoneksi on di dapatkan arus gangguan maksimum hubung singkat 3 fasa yaitu 886 A, sedangkan dalam kondisi off 309 A. Pada kondisi interkoneksi on arus hubung singkat gangguan minimum fasa ke ground yaitu sebesar 113 A dan pada saat interkoneksi off sebesar 097 A. Ketika DG dalam kondisi interkoneksi on, gangguan yang terjadi pada penyulang lebih besar, hal tersebut disebabkan oleh arus dari DG terhadap titik gangguan, karna DG memberikan daya tambahan begitu pula dengan gangguannya terhadap suplai dari GI.

**Perhitungan Setting OCR dan Setting EFR**

Tabel 4.6 Setting Existing OCR

Lokasi	Setting (A)	TMS (s)	Ins (A)	t (s)	Kurva	Ratting CT
	I >	t >	I >>	t >>		
Penyulang Bayan	140	0,05	600	0,04	IEC NI/SI	200-400/5
PLTM Segara	262	0,07	920	0,04	SI	250/1

**Perhitungan setting OCR.** Setting OCR dilakukan dengan menggunakan hasil simulasi arus gangguan hubung singkat menggunakan ETAP v12.6. Untuk setting rele yang terpasang di penyulang dihitung berdasarkan arus beban. Langkah pertama untuk menghitung waktu kerja rele adalah mencari nilai I<sub>set primer</sub> (arus setting primer). Besar I<sub>set primer</sub> adalah 1.2 s.d 2 x I<sub>beban</sub>. Besar t<sub>set</sub> (setting waktu kerja rele untuk gangguan terdekat (minimum)) tidak lebih dari 0,3 detik. Nilai S adalah total daya trafo keseluruhan pada Penyulang Bayan.

Setting Usulan OCR pada Penyulang Bayan :

$$S = 5005 \text{ Kva}$$

$$I_{\text{beban}} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{5005}{\sqrt{3} \times 20} = 144 \text{ A}$$

$$\text{Rasio CT} = 400/1 = 400$$

$$I_{\text{set primer}} = 1,2 \times 144 = 172 \text{ A}$$

$$I_{\text{set sekunder}} = I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{RatioCT}} = 172 \times \frac{1}{400} = 0,43 \text{ A}$$

$$I_{\text{set instansius}} = 4 \times I_{\text{set (primer)}} = 4 \times 172 = 688 \text{ A}$$

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

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

$$TMS = \frac{0,1(6550)^{0,02} - 1}{436 \cdot 0,14}$$

$$TMS = 0,04$$

Hasil perhitungan *setting* OCR selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.13

No.	Lokasi	Keterangan <i>Setting</i>	<i>Setting</i> OCR				Ratio CT	Kurva
			I set	TMS	Inst	t ins		
1	Penyulang Bayan	Eksisting	140	0.05	600	0,04	400:5	NI
		Usulan	172	0.03	688	0,02		
2	PLTM segera	Eksisting	262	0.07	920	0,04	250:1	NI
		Usulan	288	0.01	864	0,02		

**Perhitungan *setting* EFR.** Perhitungan *setting* EFR dengan karakteristik *Normal Invers* dilakukan dengan menggunakan hasil simulasi arus gangguan hubung singkat menggunakan *software* ETAP V12.6. Langkah pertama yang dilakukan adalah mencari Iset, dimana *setting* arus EFR berdasarkan nilai arus gangguan hubung singkat ke tanah terkecil dipenyulang tersebut. Untuk mencari Iset dapat menggunakan persamaan (2.25)

$$= 45,2 \cdot \frac{1}{250}$$

$$= 0,18 \text{ A}$$

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

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

$$TMS = \frac{0,1(147)^{0,02} - 1}{45,2 \cdot 0,14}$$

$$TMS = 0,04$$

$$I_{set \text{ primer}} = 40\% \cdot I_{SC} \text{ (gangguan di 100\%)}$$

$$= 0,4 \cdot 113$$

$$= 45,2 \text{ A}$$

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

Hasil perhitungan *setting* EFR selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.15

Lokasi	Keterangan <i>Setting</i>	<i>Setting</i> EFR		Ratio CT	Kurva
		I set	TMS		
Penyulang Bayan	Eksisting	30	0.05	400:5	SI
	Usulan	45,2	0.02		

**Analisis koordinasi proteksi.** Analisis koordinasi Proteksi menggunakan bantuan *software* ETAP v12.6, Analisa ini meliputi koordinasi FCO, dan OCR, EFR penyulang Bayan dengan pltm Segara.

1. Setting penyulang Bayan

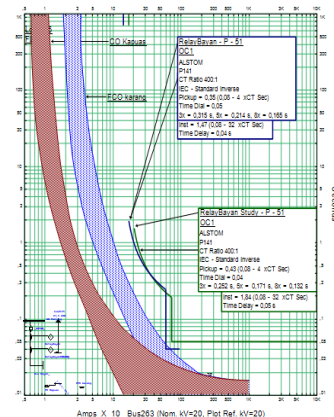
Pada gambar 4.7 kurva tebal berwarna ungu menunjukkan kurva FCO Kapuas dan kurva tebal berwarna biru menunjukkan FCO Karang Kates. FCO Kapuas Penyulang Bayan dengan daya trafo 100 kVA, dengan Arus pengenal 6 A yang akan bekerja pada gangguan detik 0,1 ketika arus leleh minimum 75,7 A dan arus maksimum 90,7 A . Pada FCO di percabangan bus Karang kates penjumlahan daya trafo senilai 450 kVA, dengan arus pengenal 10 A. Pada gangguan detik 0,1 arus leleh minimum 154 A dan arus leleh maksimum 185 A.

Pada gambar 4.3 dengan kurva berwarna biru menunjukkan *Setting* OCR penyulang Bayan kondisi existing, yang digunakan berdasarkan kemampuan *setting* dalam menjangkau gangguan terjauh yang mungkin terjadi. Isc pada gangguan di ujung penyulang Bayan berdasarkan hasil simulasi Etap v12.6 didapatkan Isc minimum sebesar 477 A dan Isc maksimum sebesar 886 A . Kondisi existing arus primer sebesar 140 A . Dengan arus beban full load didapatkan sebesar 144 A. Untuk nilai TMS kondisi existing penyulang Bayan dan yaitu sebesar 0,04 detik. Untuk nilai *instantaneous* penyulang Bayan 600 A. *Setting* arus *instantaneous* OCR sebaiknya akan bekerja hanya pada gangguan Isc maksimum. Sedangkan rele pada kondisi normal invers akan bekerja secara *definite time*.

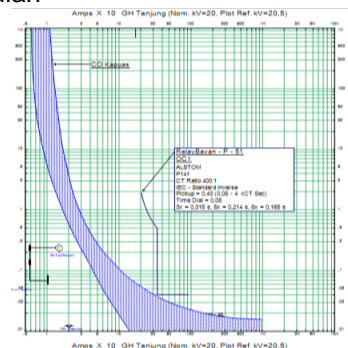
Berdasarkan gambar 4.3 Kurva berwarna hijau menunjukkan *setting* usulan OCR penyulang Bayan. *Setting overload* OCR yang digunakan berdasarkan 120% dari arus beban penyulang dengan arus *setting* lebih besar dari gangguan arus minimum fasa ke fasa ( $I_{beban} < I_{set} < I_{fault}$ ). Berdasarkan hasil simulasi ETAP v12.6 didapatkan Isc minimum (100% panjang penyulang) sebesar 405 A . *Setting overload* usulan arus penyulang Bayan didapatkan sebesar 172 A dengan arus beban 144 A. Dengan perbandingan arus *setting* usulan dan arus beban penyulang Bayan sebesar sebesar 28 A, dapat mengantisipasi apabila terjadi penambahan beban atau manuver penyulang Bayan Sehingga rele dapat bekerja dengan selektif. Untuk *setting* usulan

arus *instantaneous* OCR pada penyulang Bayan didapatkan hasil sebesar 960 A. Hasil *setting* usulan arus *instantaneous* penyulang Bayan lebih besar dari Isc minimum, sehingga apabila terjadi gangguan Isc minimum OCR pada kondisi normal invers akan bekerja dalam waktu 0,02 detik. Sedangkan untuk *instantaneous* akan bekerja apabila terjadi gangguan Isc maksimum. Untuk itu, dapat dikatakan bahwa OCR *setting* usulan selektivitas nya terpenuhi. Ketika terjadi gangguan arus hubung singkat FCO akan bekerja lebih dulu pada detik ke 0,1 FCO Kapuas melakukan pemutusan pada gangguan arus 90,7 A. Dan rele pada detik ke 2 ketika arus gangguan 172 A. Jadi FCO dapat mencover gangguan agar pemadaman tidak langsung terjadi diseluruh penyulang.

Pada gambar 4.8 menunjukkan kondisi *setting* rele yang berkoordinasi dengan FCO ketika dalam kondisi interkoneksi off. Dilakukan perhitungan *setting* rele dengan nilai Iset primer 172 A. Nilai TMS yang didapatkan sebesar 0,012 dan nilai I *instantaneous*nya adalah 344 A.



Gambar 4.7 TCC Koordinasi antara FCO dengan OCR Penyulang Bayan Kondisi Existing dan Kondisi Usulan





TCC Koordinasi antara FCO dengan OCR  
Penyulang Bayan dalam kondisi interkoneksi off

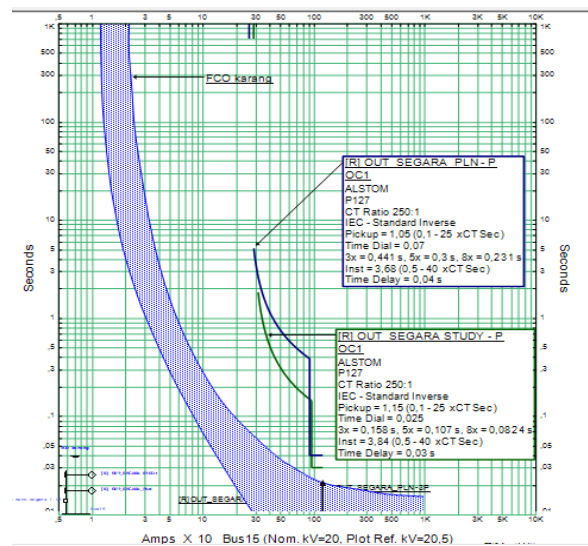
### 1. Setting DG

Analisis koordinasi proteksi menggunakan bantuan software ETAP v12.6, Analisa ini meliputi koordinasi FCO, dan OCR, EFR penyulang Bayan dan pada pltm Segara. Berdasarkan gambar 4.4 di tunjukkan koordinasi antara kurva tebal biru yang menunjukkan FCO Karang Kates dengan arus pengenal 10A. Kurva berwarna biru menunjukkan setting OCR DG kondisi existing, yang digunakan berdasarkan kemampuan setting dalam menjangkau gangguan terjauh yang mungkin terjadi. Isc pada gangguan di bus terdekat dengan DG berdasarkan hasil simulasi Etap v12.6 didapatkan Isc minimum sebesar 477 A dan Isc maksimum sebesar 1058 A.

Kondisi existing pada outgoing DG diperoleh arus primer sebesar 262 A. Dengan arus beban full load didapatkan sebesar 144 A dikhawatirkan apabila terjadi penggunaan penambahan beban atau manuver penyulang akan menyebabkan rele bekerja tanpa terjadi gangguan karna adanya beban *overload*. Untuk nilai TMS kondisi existing DG yaitu sebesar 0,04 detik. Untuk nilai *instantaneous* DG 960 A. Setting arus *instantaneous* OCR sebaiknya lebih besar dibandingkan gangguan Isc minimum. Dan sebaiknya akan bekerja hanya pada gangguan Isc maksimum. Sedangkan rele pada kondisi normal invers akan bekerja secara *definite time*.

2. Berdasarkan gambar 4.9 Kurva berwarna hijau menunjukkan setting usulan OCR DG Setting *overload* OCR yang digunakan berdasarkan 120% dari arus beban penyulang dengan arus setting lebih besar dari gangguan arus minimum fasa ke fasa ( $I_{beban} < I_{set} < I_{fault}$ ). Berdasarkan hasil simulasi ETAP v12.6 didapatkan Isc minimum (100% panjang penyulang) sebesar 405 A. Setting *overload* usulan arus outgoing DG didapatkan sebesar 288 A dengan arus beban 144 A. Dengan perbandingan arus setting usulan dan arus beban penyulang Bayan sebesar sebesar 144 A, dapat mengantisipasi apabila terjadi penambahan beban atau manuver Penyulang Bayan sehingga rele dapat bekerja dengan selektif. Untuk setting usulan arus *instantaneous* OCR pada outgoing didapatkan hasil sebesar 864 A. Hasil setting usulan arus *instantaneous* penyulang Bayan lebih besar

dari Isc minimum, sehingga apabila terjadi gangguan Isc minimum OCR pada kondisi normal invers akan bekerja dalam waktu 0,02 detik. Sedangkan untuk *instantaneous* akan bekerja apabila terjadi gangguan Isc maksimum. Untuk itu, dapat dikatakan bahwa OCR setting usulan selektivitas nya terpenuhi. Ketika terjadi gangguan arus hubung singkat FCO akan bekerja lebih dulu pada detik ke 0,1 FCO Karang Kates melakukan pemutusan pada gangguan arus 272 A. Dan Rele pada detik ke 5 ketika arus gangguan 200 A. Jadi FCO dapat mencover gangguan agar pemadaman tidak langsung terjadi diseluruh penyulang.



Gambar 4.9

TCC Koordinasi antara FCO dengan OCR DG  
Kondisi Existing dan Kondisi Usulan

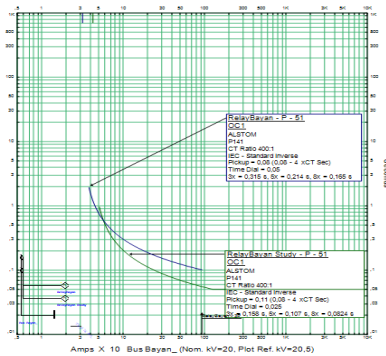
### 3. Setting EFR

Berdasarkan gambar 4.10 v untuk kurva berwarna biru menunjukkan kondisi existing setting EFR penyulang Bayan. Setting EFR yang digunakan berdasarkan Isc satu fasa ke tanah (gangguan 100% panjang penyulang) yang mungkin terjadi. Isc pada gangguan satu fasa ke tanah di penyulang Bayan (gangguan 100% panjang penyulang) adalah 113 A.

4. Kondisi existing setting arus EFR pada Penyulang Bayan diperoleh sebesar 30 A dengan TMS yang sama sebesar 0,05 detik. Jika terjadi gangguan Isc pada gangguan satu fasa ke tanah sebesar 113 A maka rele pada kondisi normal invers akan bekerja pada waktu 0,02 detik.



- Untuk kurva berwarna hijau menunjukkan kondisi usulan *setting* EFR outgoing penyulang Bayan. *Setting* usulan arus EFR Penyulang Bayan didapatkan sebesar 45,2 A dengan TMS sebesar 0,02. Jika terjadi gangguan  $I_{sc}$  satu fasa ke tanah sebesar 113 A maka rele pada kondisi normal inverse akan bekerja pada waktu 0,15 detik. Dengan demikian dapat dikatakan rele *setting* usulan akan lebih cepat atau lebih selektif dalam mengamankan gangguan dibandingkan rele pada kondisi eksisting. Dimana, waktu kerja rele kondisi eksisting didapatkan 0,29 detik dengan TMS sebesar 0,05.



Gambar 4.10

TCC EFR Outgoing Penyulang Bayan kondisi existing dan kondisi usulan

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari analisis koordinasi sistem proteksi pada Penyulang Bayan dan DG adalah :

- Ketika dalam kondisi interkoneksi On dapat dilihat Pengaruh arus hubung singkat terhadap adanya DG, terjadi penambahan nilai arus hubung singkat disebabkan arus DG terhadap titik gangguan karna DG mengalirkan daya tambahan begitu pula dengan gangguannya.
- Berdasarkan hasil simulasi *Etapv12.6* diperoleh gangguan arus hubung singkat 3 fasa atau  $I_{sc}$  maksimum (gangguan di 0% panjang Penyulang Bayan) sebesar 886 A dan gangguan terdekat dengan DG sebesar 1058 A, fasa-fasa dan 1 fasa ke tanah (gangguan di 100% panjang

Penyulang) sebesar 417 A, dan 113 A dengan arus beban puncak sebesar 140 A.

- Berdasarkan hasil perhitungan untuk Fuse didapatkan arus pengenalan 6 A dan pada percabangan bus Karang Kates arus pengenalan 16 A.
- Berdasarkan hasil perhitungan *Setting* usulan di dapatkan nilai *setting* arus primer dan TMS adalah :
  - Arus *setting* primer OCR Penyulang Bayan dan DG ialah 172 A dan 288 A. Sedangkan TMS OCR Penyulang Bayan dan DG 0,04 detik dan 0,03 detik.
  - Arus *setting* primer EFR Penyulang Bayan adalah 45,2 A dengan TMS EFR 0,03 detik.
- Berdasarkan hasil perhitungan nilai *setting* rele dalam kondisi interkoneksi on dengan nilai  $I_{sc}$  886 A didapatkan nilai TMS 0,03 dan Instantaneous 688 A . Sedangkan nilai *setting* rele ketika disimulasikan dalam kondisi interkoneksi off didapatkan nilai  $I_{sc}$  309 A dan TMS 0,01.
- Berdasarkan Grafik selisih waktu FCO dengan OCR yaitu :
  - OCR Outgoing Penyulang Bayan, FCO melakukan pemutusan pada detik ke 0,1 dengan arus gangguan 97 A. Sedangkan rele pada detik ke 1,5 dengan arus gangguan 150 A.
  - OCR DG, FCO melakukan pemutusan pada detik ke 0,1 dengan arus gangguan 272 A Sedangkan rele pada detik ke 5 ketika arus gangguan 200 A.

### Saran

Koordinasi *fuse cut out* dengan rele dapat dilakukan kembali dengan tambahan koordinasi recloser program *software Etapv12.6* dengan memperhatikan data eksisting di lapangan dan hasil perhitungan *setting* usulan.

### DAFTAR PUSTAKA

Anderson, P, M, 1999, *Power System Protection*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York.

Basri, H, 1997, Sistem Distribusi Daya Listrik, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta.

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.

P3BJB, Team, 2010, Buku Proteksi P3BJB, Area Pengatur Distribusi dan Penyaluran (APDP) Mataram, PT. PLN (Persero) Wilayah NTB

Pasaribu,dkk., 2016, *Studi Koordinasi Fuse dan Recloser pada Jaringan Distribusi 20 kV yang Terhubung dengan Distributed Generation*, Jurnal Singuda Ensikom Vol.14, Department Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Setiono,dkk.,2016, *Sistem Pengamanan Penyaluran Energi Listrik Satu Fasa Tegangan Rendah dengan Menggunakan Fuse Cut Out*, Unisbank Semarang 28 juli, Department Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

SPLN 64 : 1985, *Petunjuk Pemilihan Dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*, Departemen Pertambangan dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara.

Stevenson Jr., WD., 1985, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Eirlangga, Jakarta.

Supriyatna, 2014, *Buku Ajar Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Mataram : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Supriyatna, 2014, *Buku Ajar Relay Proteksi*, Mataram : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Wahyu,dkk., 2014, *Evaluasi dan Analisis Terhadap Peralatan Proteksi yang*

*ada di Saluran distribusi pada GI 150 kV Mrica Banjarnegara*. Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Warsito,dkk., 2013, *Analisis Evaluasi Setting Relay OCR Sebagai Proteksi Pada Jaringan Distribusi Dengan Pembangkitan Terdistribusi (Studi Kasus Pada Penyulang BSB4, Kendal-Jawa Tengah)*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.

Zulkarnaini.,dkk., 2016, *Evaluasi Koordinasi Over Current Relay (OCR) DAN Ground Fault Relay (GFR) Pada Feeder GH Lubuk Buaya*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang.



**Sarah**, lahir di Makkah pada tanggal 14 Mei 1993, menempuh pendidikan program Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Universitas Mataram sejak tahun 2011.

