

STUDI ANALISIS SETTING BACKUP PROTEKSI PADA SUTT 150 KV GI KAPAL – GI PEMECUTAN KELOD AKIBAT UPRATING DAN PENAMBAHAN SALURAN

I Putu Dimas Darma Laksana¹, I Gede Dyana Arjana², Cok Gede Indra Partha³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: dimas.darmalaksana@yahoo.com¹, dyanaarjana@ee.unud.ac.id², cokindra@yahoo.com³

ABSTRAK

Peningkatan beban yang semakin meningkat pada GI Pemecutan Kelod dan peningkatan suplai daya melalui kabel laut menyebabkan perlu dilakukan uprating dan penambahan saluran pada saluran transmisi GI Kapal – GI Pemecutan Kelod. Peningkatan beban dan suplai daya yang meningkat menyebabkan arus yang mengalir pada penghantar semakin besar, sehingga mempengaruhi setting backup proteksi pada saluran transmisi GI Kapal – GI Pemecutan Kelod. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan didapat nilai setting rele pada penghantar ACCC Lisbon 310mm² yaitu $I_{setting}$ OCR R1 = 1500 A, $t_{setting}$ OCR R1= 0,992 detik, $I_{setting}$ OCR R2 = 1500 A, $t_{setting}$ OCR R2= 0,984 detik. Pada penghantar TACSR 240mm² didapat nilai setting arus dan waktu OCR dan GFR yaitu $I_{setting}$ OCR R3 = 1168 A, $t_{setting}$ OCR R3= 0,984 detik, $I_{setting}$ OCR R4 = 1168 A, $t_{setting}$ OCR R4= 0,981 detik, Sedangkan untuk koordinasi rele diketahui bahwa rele akan bekerja bersamaan pada lokasi gangguan 50% dengan t_{actual} sebesar 1 detik

Kata kunci : Backup Proteksi, Rele Arus lebih, Rele Gangguan ke Tanah

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang semakin besar berdampak pada penyediaan energi listrik yang semakin besar. PT PLN (Persero) terus mengupayakan berbagai cara untuk memenuhi kebutuhan energi listrik seperti membangun pembangkit baru, membangun gardu induk, memperbesar kapasitas transformator, dan meningkatkan kemampuan penghantar saluran transmisi dan distribusi.

SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod merupakan salah satu saluran transmisi yang berperan sangat penting dalam mensuplai beban wilayah Bali Selatan. SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod mensuplai beban GI Pemecutan Kelod dengan pasokan dari GI Kapal menggunakan penghantar ACSR Partridge 135 mm² KHA 550 A dengan panjang saluran 11,2 km. Seiring dengan pertumbuhan beban yang semakin meningkat pada GI Pemecutan Kelod dan penambahan suplai daya melalui kabel laut Jawa Bali, pada SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod akan dilakukan uprating saluran dan penambahan saluran untuk menjaga

keandalan suplai energi listrik akibat peningkatan beban pada GI Pemecutan Kelod. Uprating saluran dan penambahan saluran yang dilakukan pada SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod ialah mengganti penghantar yang sebelumnya menggunakan ACSR Partridge 135 mm² dengan KHA 550 A diganti dengan penghantar ACCC Lisbon 310 mm² dengan KHA 1250 A serta penambahan saluran dengan menggunakan penghantar TACSR 240 mm² dengan KHA 973 A.

Peningkatan beban dan penambahan suplai daya melalui kabel laut mengakibatkan perubahan arus yang semakin besar mengalir pada saluran sehingga menimbulkan perubahan pada setting dan koordinasi pengaman rele arus lebih dan rele gangguan tanah yang berfungsi sebagai backup proteksi pada saluran transmisi. Jika setting dan koordinasi pengaman tidak sesuai akan berdampak pada kerusakan alat yang dilindungi dan pengaman itu sendiri. Sehingga perlu dilakukan setting ulang pada rele untuk mendapatkan setting dan koordinasi rele yang lebih akurat.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat merupakan suatu gangguan yang terjadi pada sistem akibat penghantar yang bertegangan terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah sehingga menimbulkan arus hubung singkat [1].

Ada beberapa jenis gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fasa, yaitu :

1. Hubung singkat tiga fasa simetris :
 - a. Tiga fasa (L – L – L)
 - b. Tiga fasa ke tanah (3L – G)
2. Hubung singkat tidak simetri
 - a. Satu fasa ke tanah (1L – G)
 - b. Antar fasa ke tanah (2L – G)
 - c. Antar fasa (L – L)

2.2 Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Sistem proteksi tenaga listrik merupakan sistem yang berfungsi untuk mengidentifikasi gangguan yang terjadi pada peralatan tenaga listrik dan memisahkan bagian sistem yang terganggu dari bagian lain yang masih normal (tidak terganggu) serta sekaligus mengamankan bagian yang masih normal tersebut dari kerusakan [2]. Sistem proteksi pada peralatan dapat terjadi kegagalan operasi (gagal kerja). Berdasarkan hal-hal tersebut maka suatu sistem proteksi dapat dibagi dalam dua bagian berdasarkan fungsinya [3], yaitu :

1. Pengaman Utama

Pengaman utama merupakan pengaman yang paling berperan di daerah pengamanan atau daerah yang dilindungi dan sebagai pengaman utama jika terjadi gangguan. Pengaman utama bekerja lebih selektif serta lebih cepat mengisolasi bagian sistem yang diamankan dari gangguan yang terjadi.
2. Pengaman Cadangan

Pengaman cadangan (*back-up proteksi*) merupakan pengaman cadangan pada batas tertentu bekerjanya lebih lambat dari pengaman utama. Maksudnya adalah pengaman ini bekerja jika pengaman utama gagal operasi.

2.3 Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah

Rele arus lebih dan rele arus lebih ketanah pada saluran transmisi digunakan sebagai *backup* proteksi jika pengaman utama gagal dalam menanggulangi gangguan [4]. Rele arus lebih dan rele arus gangguan tanah bekerja apabila arus yang mengalir melebihi nilai *setting* rele dalam jangka waktu tertentu [5]. Relay arus lebih – OCR memproteksi peralatan terhadap gangguan antar fasa. Sedangkan untuk memproteksi terhadap gangguan fasa tanah digunakan rele arus gangguan tanah atau *ground fault relay* (GFR). Prinsip kerja GFR sama dengan OCR, yang membedakan hanyalah pada fungsi dan elemen sensor arus. OCR biasanya memiliki 2 atau 3 sensor arus (untuk 2 atau 3 fasa) sedangkan GFR arahnya memiliki satu sensor arus (satu fasa). Berdasarkan waktu dan cara kerja, rele arus lebih dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu rele arus lebih waktu tertentu (*Definite Time Relay*), rele arus lebih waktu terbalik (*Inverse Time Relay*), rele arus lebih waktu seketika (*Instantaneous Relay*), rele arus lebih *inverse time minimum time* (IDMT).

2.4 Perhitungan *Setting* Arus dan Waktu Kerja Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan ke Tanah

Syarat yang harus diperhatikan dalam *setting* rele arus lebih yaitu rele arus lebih tidak akan trip pada keadaan beban maksimum dan rele akan bekerja apabila terjadi arus gangguan minimum ($I_{full\ load} < I_{set} < I_{hs_{2\phi\ min}}$), sehingga *setting* arusnya [6]:
 $I_{set\ OCR} = 1,2 \times I_{nom}$(1)

Sedangkan untuk *setting* arus rele gangguan tanah:
 $I_{set\ GFR} = 0.2 \times I_{nom}$(2)

Setelah didapat *setting* arusnya, untuk mendapat waktu kerja rele maka dicari nilai *tms* (*time multiple setting*):

$$tms = \frac{(I_f / I_{set})^\beta - \sigma}{\alpha} \times t \dots\dots\dots(3)$$

Rele yang digunakan adalah rele *invers* maka waktu kerja rele didapat dengan persamaan:

$$t = \frac{\alpha}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\beta - \sigma} \times tms \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- Inom = nilai nominal arus peralatan yang diamankan
- tms = *time Multiple Setting*
- I_f = arus gangguan hubung singkat
- t = waktu kerja rele
- α = nilai koefisien rele yang digunakan
- β = nilai koefisien rele yang digunakan

Tabel 1. Nilai koefisien rele *invers*

Type	α	β	σ
Standar inverse	0,14	0,02	1
Very inverse	13,5	1	1
extremely inverse	80	2	1

III. METODOLOGI PENELITIAN

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan diantaranya :

1. Analisis besar arus hubung singkat pada setiap titik gangguan di SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod akibat *uprating* dan penambahan saluran menggunakan ETAP *PowerStation 7.5*.
2. Perhitungan *setting* arus dan waktu kerja rele arus lebih dan rele gangguan ke tanah setiap saluran akibat *uprating* dan penambahan saluran dengan arus gangguan hubung singkat pada setiap titik gangguan.
3. Menampilkan hasil nilai *setting* arus dan waktu kerja rele arus lebih dan rele gangguan ke tanah pada setiap titik gangguan
4. Analisis koordinasi *setting* rele arus lebih dan rele gangguan ke tanah pada setiap titik gangguan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hubung Singkat pada SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod Akibat *Uprating* dan Penambahan Saluran

Setting rele *backup* proteksi pada SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod ditentukan dengan nilai arus hubung singkat yang terjadi pada SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod. Nilai arus hubung singkat didapat dengan

menggunakan simulasi pada ETAP *PowerStation 7.5*. Simulasi dilakukan pada panjang saluran dengan titik gangguan 10% sampai 90%. Tabel 1 dan 2 menunjukkan hasil simulasi hubung singkat.

Tabel 2. Hasil Simulasi Hubung Singkat dengan Program ETAP pada Penghantar Kapal T/L Bay Pemecutan Kelod

No	Lokasi gangguan (%)	ACCC Lisbon 310 mm ²			TACSR 240 mm ²		
		Gangguan 3 fasa (A)	Gangguan 1 fasa ke tanah (A)	Gangguan antar fasa (A)	Gangguan 3 fasa (A)	Gangguan 1 fasa ke tanah (A)	Gangguan antar fasa (A)
1	10%	9114	4433	7937	8823	4631	7684
2	20%	7916	3919	6892	7993	4260	6960
3	30%	6905	3474	6011	7244	3923	6307
4	40%	6029	3082	5247	6559	3613	5710
5	50%	5249	2729	4568	5925	3327	5158
6	60%	4536	2406	3948	5329	3059	4639
7	70%	3866	2104	3347	4763	2807	4146
8	80%	3117	1815	2702	4217	2567	3671
9	90%	2567	1534	2227	3683	2337	3207

Tabel 3. Hasil Simulasi Hubung Singkat dengan Program ETAP pada Penghantar Pemecutan Kelod T/L Bay Kapal

No	Lokasi gangguan (%)	ACCC Lisbon 310 mm ²			TACSR 240 mm ²		
		Gangguan 3 fasa (A)	Gangguan 1 fasa ke tanah (A)	Gangguan antar fasa (A)	Gangguan 3 fasa (A)	Gangguan 1 fasa ke tanah (A)	Gangguan antar fasa (A)
1	10%	8006	2822	6971	7226	2112	6293
2	20%	6982	2465	6078	6544	1874	5699
3	30%	6097	2137	5307	5912	1644	5148
4	40%	5310	1830	4622	5318	1417	4630
5	50%	4593	1535	3997	4752	1192	4138
6	60%	3920	1247	3412	4206	967	3662
7	70%	3270	957	2846	3670	738	3196
8	80%	2621	659	2282	3138	503	2732
9	90%	1949	344	1698	2598	258	2264

Berdasarkan tabel 2 dan 3, dapat dilihat arus gangguan hubung singkat terbesar yaitu pada titik gangguan 10% dari panjang saluran dan arus gangguan hubung singkat terkecil pada titik gangguan 90% dari panjang saluran. Hal ini dikarenakan pada titik gangguan 10% merupakan gangguan yang dekat dengan sumber, sehingga impedansi saluran kecil dan arus yang mengalir pada saluran besar. Sedangkan pada titik gangguan 90% merupakan gangguan yang jauh dengan sumber dan impedansi saluran semakin besar. Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa antara persentase gangguan dari panjang saluran berbanding terbalik dengan nilai arus gangguan hubung singkat, semakin panjang saluran maka arus gangguan

hubung singkat semakin kecil dikarenakan semakin panjang saluran maka impedansi saluran semakin besar. Selain itu dapat dilihat nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa lebih besar dibandingkan nilai arus gangguan hubung singkat antar fasa dan 1 fasa ke tanah, hal ini dikarenakan gangguan hubung singkat 3 fasa merupakan hubung singkat simetri sehingga nilai impedansi urutan positifnya sama dengan urutan impedansi negatifnya dan tidak terpengaruh dengan impedansi nol atau impedansi netral

4.2 Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan ke Tanah

SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod akibat *uprating* dan penambahan saluran memiliki 2 rele arus lebih dan 2 rele gangguan ke tanah untuk masing – masing penghantar dengan spesifikasi rele seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Rele SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod Akibat *Uprating* dan Penambahan Saluran

No	Gardu Induk	T/L Bay	Rele		CT Rasio	Karakteristik Rele
			Merk	I Nom		
1	Kapal 1	Pemecutan Kelod 1	GEC	1A	1600/1	Standar Inverse
2	Kapal 2	Pemecutan Kelod 2	Toshiba	1A	1000/1	Standar Inverse
3	Pemecutan Kelod 1	Kapal 1	GEC	1A	1600/1	Standar Inverse
4	Pemecutan Kelod 2	Kapal 2	MICOM	1A	1600/1	Standar Inverse

Berdasarkan persamaan 1, 2, 3 dan 4 didapat perhitungan *setting* arus dan *setting* waktu rele arus lebih (R1) dan rele gangguan ke tanah (G1) pada penghantar ACCC Lisbon 310 mm² (Kapal T/L Bay Pemecutan Kelod) dengan lokasi gangguan 10%:

Setting OCR

Iset ocr = 1.2 x 1250 A = 1500 A

Waktu kerja rele arus lebih dan rele gangguan ke tanah diharapkan 1 detik :

$$tms\ ocr = \frac{(7937/1500)^{0,02} - 1}{0,14} \times 1$$

tms ocr = 0,24 SI

Sehingga:

$$t = \frac{0,14}{(7937/1500)^{0,02} - 1} \times 0,24$$

t = 0,992detik

Setting GFR

Iset gfr = 0.2 x 1250 A = 250 A

Waktu kerja rele arus lebih dan rele gangguan ke tanah diharapkan 1 detik :

$$tms\ gfr = \frac{(4433/250)^{0,02} - 1}{0,14} \times 1$$

tms gfr = 0,42 SI

Jadi waktu kerja aktual rele adalah :

$$t = \frac{0,14}{(4433/250)^{0,02} - 1} \times 0,42$$

t = 0,993detik

Berdasarkan perhitungan dengan lokasi gangguan 10% didapat pada rele R1 waktu kerja sebesar 0,992 detik dan pada G1 didapat waktu kerja sebesar 0.993 detik. Dengan cara yang sama dapat dicari *setting* rele arus lebih dan rele gangguan ke tanah untuk masing-masing titik gangguan serta rele pada penghantar TACSR 240mm²

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Setting* Arus dan Waktu Rele Arus Lebih (R1) pada Penghantar ACCC Lisbon 310 mm² (Kapal T/L Bay Pemecutan Kelod)

No	Kapal T/L Bay Pemecutan Kelod			Setting OCR		
	Lokasi Gangguan (%)	I nom Rele (Ampere)	CT Rasio	Iset (Ampere)	tms (SI)	Waktu kerja (detik)
1	10%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,24	0,992
2	20%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,22	0,995
3	30%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,2	0,997
4	40%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,18	0,999
5	50%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,16	1
6	60%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,13	1,003
7	70%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,11	1,004
8	80%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,08	1,005
9	90%	1	1600/1	0,938 = 1500	0,05	1,006

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Setting* Arus dan Waktu Rele Arus Lebih ke Tanah (G1) pada Penghantar ACCC Lisbon 310 mm² (Kapal T/L Bay Pemecutan Kelod)

No	Kapal T/L Bay Pemecutan Kelod			Setting GFR		
	Lokasi Gangguan (%)	Inom Rele (Ampere)	CT Rasio	Iset (Ampere)	tms (SI)	Waktu kerja (detik)
1	10%	1	1600/1	0,156 = 250	0,42	0,993
2	20%	1	1600/1	0,156 = 250	0,40	0,995
3	30%	1	1600/1	0,156 = 250	0,38	0,997
4	40%	1	1600/1	0,156 = 250	0,36	0,999
5	50%	1	1600/1	0,156 = 250	0,35	1
6	60%	1	1600/1	0,156 = 250	0,33	1,003
7	70%	1	1600/1	0,156 = 250	0,31	1,004
8	80%	1	1600/1	0,156 = 250	0,29	1,004
9	90%	1	1600/1	0,156 = 250	0,26	1,004

Berdasarkan tabel 5 dan 6 dapat dilihat bahwa semakin besar lokasi gangguan terjadi pada panjang saluran maka waktu kerja rele semakin lambat. Hal ini dikarenakan semakin panjang saluran impedansi saluran semakin besar, sehingga arus gangguan hubung singkat semakin kecil. Ketika arus gangguan semakin kecil maka waktu kerja aktual dari rele semakin lambat. Ini sesuai dengan karakteristik dari rele yang digunakan yaitu *standar inverse*. Karakteristik dari rele *standar inverse* yaitu semakin besar gangguan hubung singkat maka waktu kerja rele semakin cepat atau dapat dikatakan arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu kerja.

Dari hasil *setting* masing-masing rele didapat koordinasi *setting* rele OCR dan GFR pada masing-masing penghantar SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod. Koordinasi dilakukan berdasarkan gangguan yang terjadi pada panjang saluran. Hasil koordinasi dapat dilihat pada tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Koordinasi *Setting* Rele OCR Berdasarkan Lokasi Gangguan

No	ACCC Lisbon 310 mm ²			TACSR 240 mm ²	
	Lokasi Gangguan (%)	Waktu kerja rele R1 (detik)	Waktu kerja rele R2(detetik)	Waktu kerja rele R3 (detik)	Waktu kerja rele R4 (detetik)
1	10%	0,992	1,004	0,984	1,005
2	20%	0,995	1,003	0,998	1,004
3	30%	0,997	1,002	0,999	1,002
4	40%	0,999	1,001	1	1,001
5	50%	1	1	1	1
6	60%	1,003	0,999	1,001	0,997
7	70%	1,004	0,996	1,002	0,996
8	80%	1,005	0,992	1,003	0,995
9	90%	1,006	0,987	1,004	0,981

Tabel 8. Koordinasi *Setting* Rele GFR Berdasarkan Lokasi Gangguan

No	ACCC Lisbon 310 mm ²			TACSR 240 mm ²	
	Lokasi Gangguan (%)	Waktu kerja rele G1 (detik)	Waktu kerja rele G2 (detetik)	Waktu kerja rele G3 (detetik)	Waktu kerja rele G4 (detetik)
1	10%	0,993	1,006	0,984	1,015
2	20%	0,995	1,003	0,992	1,004
3	30%	0,997	1,002	0,995	1,003
4	40%	0,999	1,001	0,996	1,002
5	50%	1	1	0,997	1,001
6	60%	1,003	0,997	0,999	0,999
7	70%	1,004	0,996	1,001	0,998
8	80%	1,004	0,995	1,002	0,997
9	90%	1,004	0,992	1,003	0,975

Dari tabel 7 dan 8 dapat diamati bahwa ketika gangguan terjadi pada hulu saluran atau titik 10 % dari panjang saluran, rele R1 akan bekerja terlebih dahulu untuk mentriplekan CB 1 dibandingkan dengan rele R2, dikarenakan gangguan terjadi di dekat sumber GI Kapal, sehingga arus yang mengalir pada rele R1 lebih besar. Ketika gangguan terjadi pada pertengahan saluran atau titik 50% - 60% rele R1 dan R2 akan bekerja bersamaan untuk mentriplekan CB 1 dan CB 2, dikarenakan terdapat sumber pada masing – masing bus yaitu dari GI Kapal dan dari GI Pesanggaran sehingga jika terjadi gangguan, keandalan dan kestabilan sistem tetap terjaga. Ketika gangguan terjadi pada hilir saluran atau titik 90 % dari panjang saluran maka rele R2 akan bekerja terlebih dahulu untuk mentriplekan CB 2 dibandingkan rele R1, dikarenakan gangguan terjadi di dekat sumber GI Pemecutan Kelod, sehingga arus yang mengalir pada rele R2 lebih besar. Hal ini terjadi juga untuk rele OCR R3, R4 dan rele GFR G1, G2 serta G3, G4.

Dari hasil koordinasi dan perhitungan didapat *setting* backup proteksi pada SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod akibat *uprating* dan penambahan saluran. *Setting* ditentukan berdasarkan waktu tercepat rele dalam menanggulangi gangguan. Hasil *setting* dapat dilihat pada tabel 9:

Tabel 9. Setting Rele SUTT 150 kV GI Kapal – GI Pemecutan Kelod Akibat Upgrading dan Penambahan Saluran

ACCC Lisbon 310mm ²		TACSR 240mm ²	
Rele	Setting	Rele	Setting
I _{set} OCR R1	1500 A	I _{set} OCR R3	1168 A
t _{set} OCR R1	0,992 detik	t _{set} OCR R3	0,984 detik
I _{set} OCR R2	1500 A	I _{set} OCR R4	1168 A
t _{set} OCR R2	0,987 detik	t _{set} OCR R4	0,981 detik
I _{set} GFR G1	250 A	I _{set} GFR G3	194,6 A
t _{set} GFR G1	0,993 detik	t _{set} GFR G3	0,984 detik
I _{set} GFR G2	250 A	I _{set} GFR G4	194,6 A
t _{set} GFR G2	0,992 detik	t _{set} GFR G4	0,975 detik

Hasil *setting* perhitungan dapat dikatakan sudah sesuai dikarenakan *setting* arus rele lebih besar dari arus beban maksimal ($I_{set} > I_{full\ load}$) serta *setting* arus rele lebih kecil dari arus hubung singkat dua phasa minimum ($I_{set} < I_{hs_{2\phi min}}$) atau ($I_{full\ load} < I_{set} < I_{hs_{2\phi min}}$) artinya ketika arus beban maksimum melewati saluran, maka rele tidak akan trip dikarenakan arus beban lebih kecil dari arus *setting* dan arus tersebut bukan merupakan arus gangguan sehingga saluran masih dapat mengalirkan arus ke beban dengan normal. Sedangkan rele harus trip ketika terjadi arus gangguan sekecil mungkin yang dapat mengganggu kinerja saluran. Ini terlihat dari hasil *setting* arus pada pengaman OCR ACCC Lisbon 310 mm² yaitu rele OCR R1 (1250 < 1500 < 2227), rele OCR R2 (1250 < 1500 < 1698) dan hasil *setting* arus pada pengaman OCR TACSR 240 mm² yaitu rele OCR R3 (973 < 1168 < 3207), rele OCR R4 (973 < 1168 < 2264). Dengan demikian *setting* tersebut dapat dikatakan sesuai karena sistem pengaman bekerja dengan baik.

V. SIMPULAN

- Hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk penghantar ACCC Lisbon didapat nilai *setting* arus dan waktu OCR dan GFR yaitu $I_{setting\ OCR\ R1} = 1500\ A$, $t_{setting\ OCR\ R1} = 0,992\ detik$, $I_{setting\ OCR\ R2} = 1500\ A$, $t_{setting\ OCR\ R2} = 0,984\ detik$, $I_{setting\ GFR\ G1} = 250\ A$, $t_{setting\ GFR\ G1} = 0,993\ detik$, $I_{setting\ GFR\ G2} = 250\ A$, $t_{setting\ GFR\ G2} = 0,992\ detik$.
- Hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk penghantar TACSR didapat nilai *setting* arus dan waktu OCR dan GFR yaitu $I_{setting\ OCR\ R3} = 1168\ A$, $t_{setting\ OCR\ R3} = 0,984\ detik$, $I_{setting\ OCR\ R4} = 1168\ A$, $t_{setting\ OCR\ R4} = 0,981\ detik$, $I_{setting\ GFR\ G3} = 194,6\ A$, $t_{setting\ GFR\ G3} = 0,984\ detik$, $I_{setting\ GFR\ G4} = 194,6\ A$, $t_{setting\ GFR\ G4} = 0,975\ detik$.

$R3 = 0,984\ detik$, $I_{setting\ OCR\ R4} = 1168\ A$, $t_{setting\ OCR\ R4} = 0,981\ detik$, $I_{setting\ GFR\ G3} = 194,6\ A$, $t_{setting\ GFR\ G3} = 0,984\ detik$, $I_{setting\ GFR\ G2} = 194,6\ A$, $t_{setting\ GFR\ G2} = 0,975\ detik$.

- Ketika gangguan terjadi pada lokasi gangguan 10% - 40% penghantar ACCC Lisbon rele R1 akan bekerja terlebih dahulu dibandingkan rele R2. Ketika gangguan terjadi pada lokasi gangguan 50%, rele R1 dan R2 akan bekerja bersamaan, sedangkan ketika gangguan terjadi pada lokasi gangguan 60% - 90% rele R2 akan bekerja terlebih dahulu dibandingkan rele R1. Hal ini terjadi juga pada rele G1 dan G2.
- Ketika gangguan terjadi pada lokasi gangguan 10% - 40% penghantar TACSR rele R3 akan bekerja terlebih dahulu dibandingkan rele R4. Ketika gangguan terjadi pada lokasi gangguan 50%, rele R3 dan R4 akan bekerja bersamaan, sedangkan ketika gangguan terjadi pada lokasi gangguan 60% - 90% rele R4 akan bekerja terlebih dahulu dibandingkan rele R3. Hal ini terjadi juga pada rele G3 dan G4.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Sulasno. Analisa Sistem Tenaga Listrik. Semarang. 1993
- Tobing, B. L. Peralatan Tegangan Tinggi, Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. 2003
- Aljufri, T. R., Scanning dan Resetting Distance Relay pada Penghantar 150 kV Kudus Arah Jekulo, Media ElektriKA, 2011. Volume 4
- Stevenson, W. D.. Analisis Sistem Tenaga Listrik. Edisi 4. Terjemahan Kamal Idris. Jakarta: Erlangga. 1994
- Amira. Analisa Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan SUTT 150 kV Jalur Kebasen – Balapulang –Bumiayu Menggunakan Program Etap. Jurnal Teknik Elektro ITP. 2014. Volume 3
- PLN. Pelatihan Perhitungan Setelan Relai dan Scanning. Sidoarjo: Badan Penerbit PT. PLN (Persero) P3BJB Region Jawa Timur dan Bali. 2006