

Analisis *Sympathetic Trip* pada Penyulang Ungasan dan Bali Resort, Bali

Cakasana Alif Bathamantri, Rony Seto Wibowo, dan Ontoseno Penangsang
 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
 E-mail: ronyseto@ee.its.ac.id

Abstrak—Sistem pengaman dalam tenaga listrik dimaksudkan untuk melokalisir gangguan agar tidak meluas sesuai dengan cakupan daerah pengaman. Salah satu kegagalan pengaman melokalisir gangguan disebut *sympathetic trip* yaitu kegagalan rele pada penyulang 20 kV di gardu induk dimana penyulang yang tidak terganggu, akan ikut trip dengan penyulang yang terganggu. Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai analisa penyebab terjadinya peristiwa *sympathetic trip* pada penyulang Ungasan-Bali Resort 20kV di Bali karena di tempat inilah tercatat sering terjadi gangguan *sympathetic trip*. Besarnya arus kapasitif, setting *ground fault relay* dan koordinasi rele pengaman semua akan di analisa pada tugas akhir ini. Untuk analisa koordinasi rele, perhitungan dilakukan menggunakan program ETAP 7.0.

Kata Kunci—*Sympathetic Trip*, *Ground Fault Relay*, Arus Kapasitif.

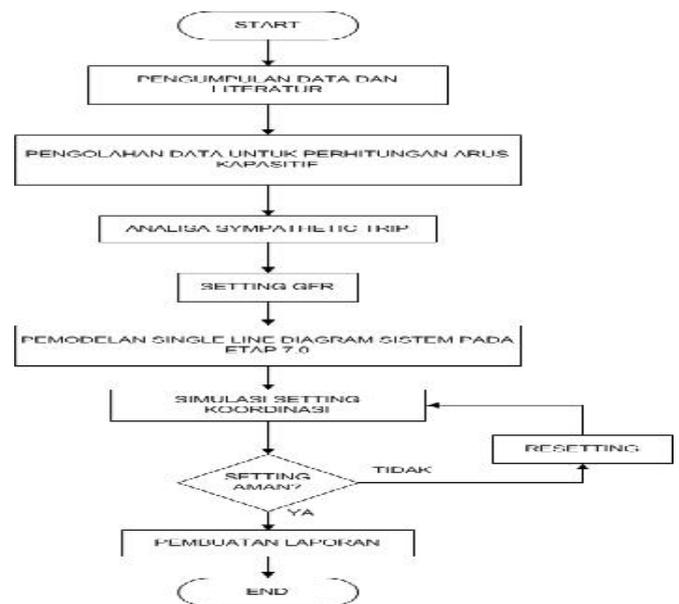
I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik harus dapat mempunyai keandalan yang baik, yang secara kontinyu dapat melayani kebutuhan energi listrik. Salah satu penunjangnya adalah sistem pengaman yang baik.

Gangguan bisa saja terjadi meskipun sudah dilengkapi dengan alat proteksi. Salah satu gangguan yang terjadi adalah *sympathetic trip*. *Sympathetic trip* ini disebabkan karena adanya gangguan hubungan pendek satu fasa ke tanah, dimana saat kejadian tersebut, arus kapasitif yang dikandung penyulang yang tidak terganggu (penyulang sehat) mengalir menuju titik gangguan dan melalui rele tanah penyulang sehat. Bila setelan rele tanah ini lebih kecil dari besar arus kapasitif yang mengalir, maka rele tanah ini akan bekerja dan mengirim sinyal ke pemutus tenaga untuk trip. Sedangkan bila setelan rele tanah penyulang ini lebih besar dari arus kapasitif yang mengalir, maka rele tanah tidak akan bekerja (penyulang sehat tidak ikut padam)[1].

Tujuan dari tugas akhir ini adalah menganalisa penyebab terjadinya *sympathetic trip* pada Penyulang Ungasan-Bali Resort, mengetahui setelan *overcurrent relay* dan *ground fault relay* yang terpasang pada penyulang di atas semisal terdapat kesalahan diharapkan nantinya dapat memberikan setelan rele yang tepat untuk penyulang tersebut.

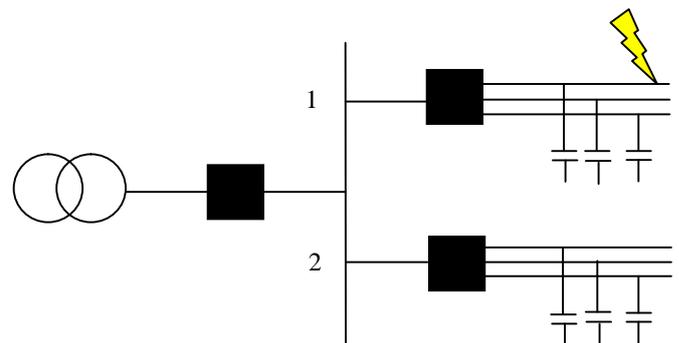
Maka dalam pelaksanaan tugas akhir ini digunakan metodologi yang diberikan pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

II. ANALISA SYMPATHETIC TRIP

A. Gangguan *Sympathetic Trip* Akibat Pengaruh Arus Kapasitif



Gambar 2. Kondisi Saat Terjadi Gangguan

Dalam gambar, gangguan hubung singkat terjadi pada fasa R penyulang 1 dengan titik gangguan umpamakan jaraknya 25 % panjang saluran penyulang 1. Arus gangguan dari pangkal saluran menuju titik gangguan melalui GFR1, dan mengakibatkan rele ini bekerja sehingga PMT trip. Tetapi pada saat yang sama, arus kapasitif yang dikandung fasa R

pada penyulang 2 sampai dengan penyulang yang lain juga mengalir menuju titik gangguan di fasa R pada penyulang 1 melalui interbus trafo.

Bila setelan rele pada penyulang 2 dan penyulang yang lain lebih kecil dari arus kapasitif yang mengalir, maka penyulang 2 dan penyulang yang lain akan trip. Tetapi bila settingan relenya lebih besar dari arus kapasitif yang mengalir maka penyulang 2 dan penyulang yang lainnya tidak akan trip. Jadi sebagai kesimpulan, agar tidak terjadi simpatetik trip, setelan rele tanah harus lebih besar dari arus kapasitif yang dikandung masing-masing penyulang yang keluar dari interbus trafo yang sama.

B. Pemilihan Tipikal Koordinasi

Untuk mempermudah studi koordinasi rele pengaman pada penyulang ungasan dan bali resort, diambil beberapa tipikal koordinasi yang dapat mewakili bentuk koordinasi keseluruhan sistem pengaman yang ada. Terdapat tiga tipikal koordinasi yang diambil, yaitu tipikal 1, tipikal 2, dan tipikal 3. Ketiga tipikal tersebut dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 3.

- Tipikal 1 : Koordinasi mulai dari Utility PLN hingga Bus 48. Pada jalur ini terdapat relay 3, recloser bayuh dan recloser bali cliff dan semua perlu diperiksa apakah ada yang bermasalah dengan setelan yang sudah terpasang. (ditandai dengan warna merah).
- Tipikal 2 : Koordinasi mulai dari Utility PLN hingga Bus 66 . Pada jalur ini terdapat relay3, recloser bali cliff dan recloser balangan. Semuanya juga perlu diperiksa apakah ada yang bermasalah dengan setelannya atau tidak. (ditandai dengan warna biru).
- Tipikal 3 : Koordinasi rele pengaman pada penyulang Bali Resort. (ditandai dengan warna kuning).

C. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan praktis untuk menghitung besar arus hubung singkat dalam sistem distribusi dapat dilakukan sebagai berikut [1] :

a. Hubung Singkat Tiga Fasa

$$I_{3F} = \frac{V/\sqrt{3}}{Z_{eq}} \tag{1}$$

Di mana V adalah tegangan nominal *line to line*, dan Z_{eq} adalah impedansi ekivalen sistem ketika arus mengalir dari sumber menuju titik hubung singkat.

b. Hubung Singkat Dua Fasa

$$I_{2F} = \frac{V}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \tag{2}$$

c. Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Hubung singkat ini melibatkan impedansi urutan nol (Z_0), dan besarnya arus hubung singkat ini tergantung sistem pentanahan yang digunakan.

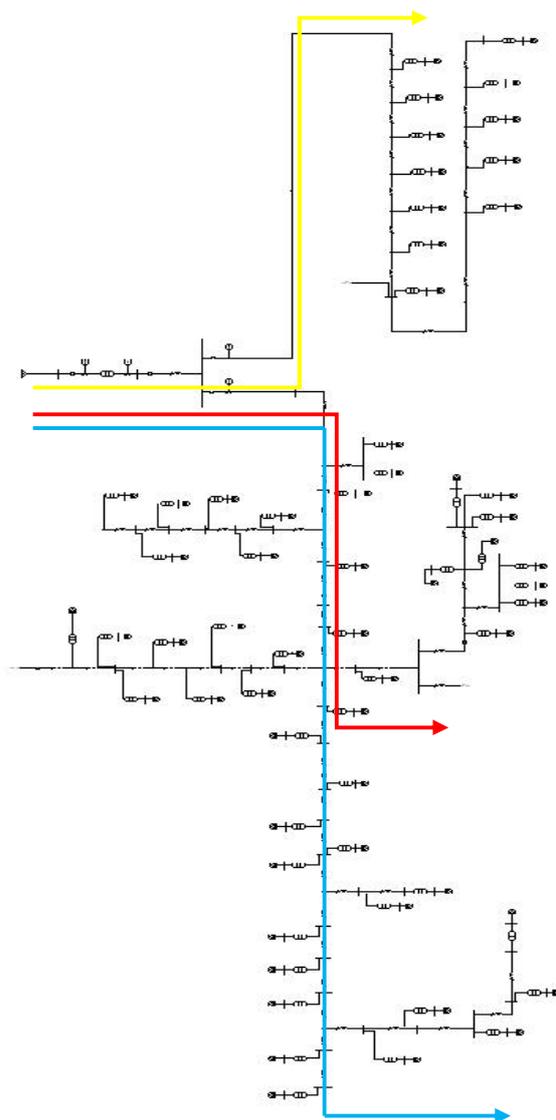
$$I_{1F} = \frac{3V/\sqrt{3}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_0eq} \tag{3}$$

D. Setting Rele Arus lebih

Untuk pertama-tama setting yang dilakukan adalah setelan *pickup* (nilai arus minimum yang menyebabkan rele bekerja (Iset)). Besarnya arus *pickup* ini ditentukan dengan pemilihan *tap*. Adapun untuk menentukan besarnya *tap* yang digunakan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Tap = \frac{I_{set}}{CT\ primary}$$

Selanjutnya adalah setelan *time dial* untuk menentukan waktu operasi rele. Untuk menentukan *time dial* dari masing-masing kurva karakteristik invers rele arus lebih dapat digunakan



Gambar 3. Tipikal Koordinasi Rele Pengaman
Tabel 1
Koefisien Invers Time Dial

Typo Kurva	k	α	L
Standard Inverse	0,14	0,02	0
Very Inverse	13,50	1,00	0
Extremely Inverse	80,00	2,00	0

Tabel 2
Koefisien Invers Time Dial

Tipe Kurva	A	B	P
IEC Inverse	0,14	0	0.02
IEC Very Inverse	13,50	0	1.0
IEC Extremely Inverse	80,00	0	2.0

persamaan sebagai berikut [2]:

$$td = \frac{k \times T}{\left[\left(\frac{I}{Iset} \right)^r - 1 \right]} + L$$

Di mana :

td = waktu operasi (detik)

T = time dial

I = nilai arus (Ampere)

Iset = arus pickup (Ampere)

k = koefisien invers 1 (lihat Tabel 1)

α = koefisien invers 2 (lihat Tabel 1)

= koefisien invers 3 (lihat Tabel 1)

E. Setting Rescloser

Trip Time:

$$t_d = TM \times \left(\frac{A}{MF-1} + B \right)$$

Di mana:

TM = time multiplier

M = multiples of pickup

A = koefisien invers 1 (lihat Tabel 2)

B = koefisien invers 2 (lihat Tabel 2)

P = koefisien invers 3 (lihat Tabel 2)

III. SIMULASI DAN ANALISA

A. Setting Ground Fault Relay

Tabel 3 menunjukkan tabel perhitungan besar arus kapasitif yang mengalir dan Tabel 4 menunjukkan perbandingan Perhitungan dan Lapangan Setting Rele Tanah pada Penyulang Ungasan dan Bali Resort.

Setelah mengetahui arus kapasitif yang mengalir, selanjutnya mengetahui besar arus hubung singkat di ujung saluran. Hasilnya seperti pada Tabel 5.

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa harus dilakukan setting ulang untuk penyulang ungasan. Penentuan setting waktu rele penyulang ungasan ditentukan pada perhitungan di bawah ini.

$$TMS = \frac{\left[\frac{IIF}{Ik} \right]^{0.02} - 1}{0.14} \times ts$$

$$ts = \frac{0.14}{\left[\frac{IIF}{Ik} \right]^{0.02} - 1} \times TMS$$

dari perhitungan didapatkan setting waktu rele tiap penyulang yang tertera pada Tabel 6.

Tabel 3

Arus Kapasitif yang Mengalir

No	Penyulang	Panjang Saluran	Total Ice Ice = 6.32 A/km	Total Ice (A)	Ik = 1.3 Ice total (A)
1	Ungasan	21.6	3.37	72.79	94.62
2	Bali Resort	7.56	3.37	25.47	33.12

Tabel 4

Perbandingan Perhitungan dan Lapangan Setting Rele Tanah pada Penyulang Ungasan dan Bali Resort

No	Penyulang	Panjang Saluran	Total Ice (A)	Setting Lapangan	Perhitungan	Catatan
				GFR	Ik GFR = 1.3 Ice tot	
1	Ungasan	21.6	72.79	60	94.62	Re-setting
2	Bali Resort	7.56	25.47	60	33.12	Safe

Tabel 5

Arus Hubung Singkat di Ujung Saluran

No	Penyulang	Gangguan di Ujung Saluran		
		I3F (A)	I2F (A)	I1F (A)
1	Ungasan	2261.6	1958.6	267.7
2	Bali Resort	3676	3186.2	280.7

Tabel 6

Setting Waktu dan Arus

No	Penyulang	Hasil Perhitungan				
		Ik (A)	CT Ratio	Iset	ts	TMS
1	Ungasan	94.62	300/1	0.3	0.67	0.1

B. Analisa Koordinasi Pengaman Tipikal 1

Data setelan existing dari rele-rele pengaman dan recloser pada tipikal 1 dapat dilihat pada Tabel 7.

Setelan rele dari Tabel 7, dapat kita plot kurvanya dengan *Star-Protective Device Coordination* dalam *software ETAP 7.0*.

Dari hasil plotting pada Gambar 4, masih terdapat beberapa setelan dan koordinasi yang kurang baik. Diantaranya adalah setting pada recloser bali cliff dan recloser bayuh, kurva keduanya terlihat berhimpitan sehingga apabila terjadi gangguan maka akan trip secara bersamaan dan setting waktu existing time delay pada relay 3 terlalu kecil sehingga apabila terjadi gangguan relay ini akan langsung trip mendahului rele di bawahnya yang seharusnya bekerja.

Tabel 7
Data Setelan Existing pada Tipikal 1

Relay ID & Model	CT Ratio	Setting
Relay 1 Model : ABB SPAJ 140 C	200/1	Curve Type SI
		Pickup Range × CT Sec. 0,5 - 2,5
		Pickup (I>) 0,5
		Time Dial 0,325
		Instantaneous Pickup (I>>) 5,00
		Delay 0,04
Relay 2 Model : Alstom Micom P127	1000/5	Curve Type SI
		Pickup Range × CT Sec. 0,1 - 25
		Pickup (I>) 3,5
		Time Dial 0,2
		Instantaneous Pickup (I>>) Disabled
		Delay Disabled
Relay 3 Model : Areva Micom P121	400/5	Curve Type SI
		Pickup Range × CT Sec. 0,1 - 25
		Pickup (I>) 0,75
		Time Dial 0,2
		Instantaneous Pickup (I>>) 4,60
		Delay 0,5
Recloser Bali Cliff Model : Nova27	500/1	Curve Type Inverse
		Trip Range × Primary 25 - 560
		Pickup (I>) 100A
		Time Dial 0,1
		Instantaneous Pickup (I>>) 25A
		Delay 0,05
Recloser Bayuh Model: Nova27	500/1	Curve Type Inverse
		Trip Range × Primary 25 - 560
		Pickup (I>) 100A
		Time Dial 0,1
		Instantaneous Pickup (I>>) 25A
		Delay 0,05

Recloser Bayuh (CT Ratio : 500/1)

Setting Arus (I>)

1.1 x FLA ≤ I_{pp} ≤ 0.8 x I_{sc} min bus 48
 1.1 x 49 ≤ I_{pp} ≤ 0.8 x 3349
 53.9 ≤ I_{pp} ≤ 2679.2
 Dipilih Iset = 60 A

Time Setting

M = Multiples of Pickup
 TM = Time Multiplier Setting (time dial)
 Iset = 60 A

$$M = \frac{I_{sc \text{ max bus } 48}}{I_{set}} = \frac{3867}{60} = 64.4$$

$$t_d = TM \times \left(\frac{A}{MP-1} + B \right)$$

$$0.1 = TM \times \left(\frac{0.14}{64.4^{0.02} - 1} \right)$$

$$TM = \frac{0.1}{1.75} = 0.057 \approx 0.06$$

Current Setting Highset (I>>)

1.1 x FLA I_{pp} 0.8 x I_{sc} min bus 48
 1.1 x 49 I_{pp} 0.8 x 3349
 53.9 I_{pp} 2679.2
 Dipilih I_{pp} = 300 A

Trip range :

$$\text{trip} = \frac{I_{pp}}{I_{set}} = \frac{300}{60} = 5$$

Setting waktu (t >>) = 0.1

Recloser Bali Cliff (CT Ratio : 500/1)

Setting Arus (I>)

1.1 x FLA ≤ I_{pp} ≤ 0.8 x I_{sc} min bus 27
 1.1 x 173 ≤ I_{pp} ≤ 0.8 x 3828
 190.3 ≤ I_{pp} ≤ 3062.4
 Dipilih Iset = 192 A

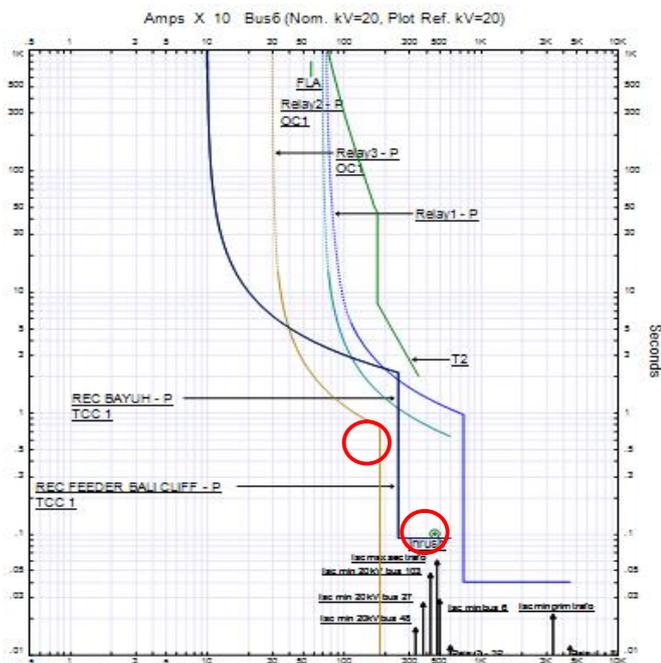
Time Setting

M = Multiples of Pickup
 TM = Time Multiplier Setting (time dial)
 Iset = 192 A

$$M = \frac{I_{sc \text{ max bus } 48}}{I_{set}} = \frac{4420}{192} = 23.02$$

$$t_d = TM \times \left(\frac{A}{MP-1} + B \right)$$

$$0.2 = TM \times \left(\frac{0.14}{23.02^{0.02} - 1} \right)$$



Gambar 4. Hasil plot setelan existing rele pada tipikal 1

$$TM = \frac{0.2}{2.33} = 0.085 \approx 0.09$$

Current Setting Highset (I >>)

$$1.1 \times FLA \leq I_{pp} \leq 0.8 \times I_{sc \text{ min bus 27}}$$

$$1.1 \times 173 \leq I_{pp} \leq 0.8 \times 3828$$

$$190.3 \leq I_{pp} \leq 3062.4$$

Dipilih Ipp = 576 A

Trip range :

$$\text{trip} = \frac{I_{pp}}{I_{set}} = \frac{576}{192} = 3$$

Setting waktu (t >>) = 0.15

Rele 3 (CT Ratio: 400 / 5)

Time Overcurrent Pickup

$$1.1 \times FLA \leq I_{set} \leq 0.8 \times I_{sc \text{ min bus 103 (30 cycle)}}$$

$$1.1 \times 268.5 \leq I_{set} \leq 0.8 \times 4229$$

Dipilih Iset = 300 A

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CT_{primary}} = \frac{300}{400} = 0.75$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi (td) = 2.2 s

$$t_d = \frac{0.14 \times T}{\left[\left(\frac{I}{I_s} \right)^{0.02} - 1 \right]}$$

$$T = \frac{t_d \times \left[\left(\frac{I}{I_s} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$T = \frac{2.2 \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max bus 103}}}{\text{Tap} \times CT_{primary}} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$= \frac{2.2 \times \left[\left(\frac{4883}{300} \right)^{0.02} - 1 \right]}{0.14}$$

$$= 0.9$$

Instantaneous Pickup

$$I \gg \leq 0.8 \times I_{sc \text{ min bus 103}}$$

$$I \gg \leq 0.8 \times 4223$$

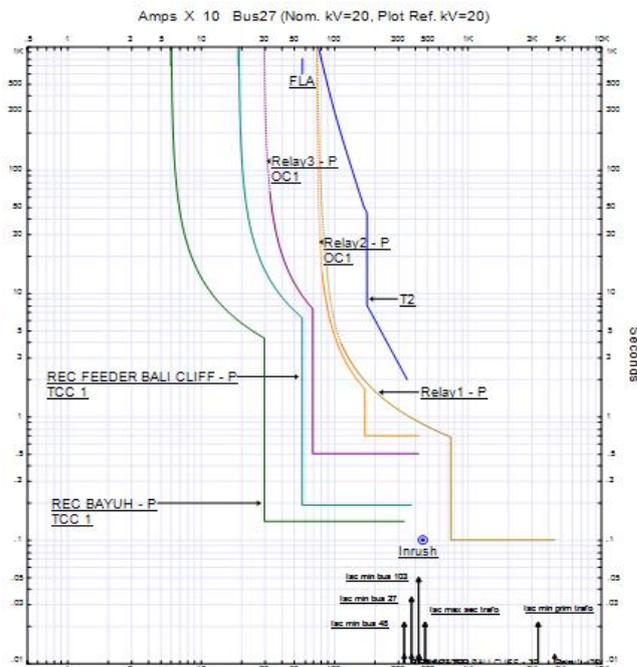
Dipilih Iset = 692 A

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CT_{primary}} = \frac{692}{400} = 1.73 \text{ In}$$

Time Delay

Dipilih time delay = 0.5 s

Dari hasil perhitungan setelan rele di atas, setelah dilakukan plotting pada mode Star dalam software ETAP ternyata didapatkan hasil koordinasi yang lebih baik. Adapun hasil plotting setelan resetting rele dapat dilihat pada Gambar 5. Dengan menggunakan langkah yang sama seperti perhitungan di atas, maka didapatkan setelan rele untuk tipikal 1. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat dari Tabel 8.



Gambar 5. Hasil plot setelan resetting rele pada tipikal 1

Tabel 8
Data Setelan Resetting pada Tipikal 1

Relay ID & Model	CT Ratio	Setting
Relay 1 Model : ABB SPAJ 140 C	200/1	Curve Type
		Pickup Range × CT Sec.
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)
Relay 2 Model : Alstom Micom P127	1000/5	Curve Type
		Pickup Range × CT Sec.
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)
Relay 3 Model : Areva Micom P121	400/5	Curve Type
		Pickup Range × CT Sec.
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)
Recloser Bali Cliff Model : NOVA27	500/1	Curve Type
		Trip Range × Primary
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)
Recloser Bayuh Model: NOVA27	500/1	Curve Type
		Trip Range × Primary
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)

Tabel 9
Setelan Existing Recloser Balangan

Relay ID & Model	CT Ratio	Setting
Recloser Model : NOVA27	500/1	Curve Type
		$Trip Range \times Primary$
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)
		Delay

Tabel 10
Setelan Resetting Recloser Balangan

Relay ID & Model	CT Ratio	Setting
Recloser Model : NOVA27	500/1	Curve Type
		$Trip Range \times Primary$
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)
		Delay

Tabel 11
Setelan Existing Relay 5

Relay ID & Model	CT Ratio	Setting
Relay 5 Model : Alstom Micom P121	400/5	Curve Type
		$Pickup Range \times CT Sec.$
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)
		Delay

Tabel 12
Setelan Resetting Relay 5

Relay ID & Model	CT Ratio	Setting
Relay 5 Model : Alstom Micom P121	400/5	Curve Type
		$Pickup Range \times CT Sec.$
		Pickup (I>)
		Time Dial
		Instantaneous Pickup (I>>)
		Delay

C. Analisa Koordinasi Pengaman Tipikal 2

Perbedaan antara tipikal 1 dan tipikal 2 terdapat pada recloser bayuh dan recloser balangan. Untuk setelan existing recloser balangan pada tipikal 2 dapat dilihat pada Tabel 9.

Setelah dilakukan perhitungan maka dihasilkan setelan resetting untuk recloser balangan yang terlihat pada Tabel 10.

D. Analisa Koordinasi Pengaman Tipikal 3

Pada tipikal 3 menggunakan 3 buah relay yaitu relay 1, relay 2, dan relay 5. Karena relay 1 dan 2 sudah didapatkan

setelan yang tepat, maka yang akan dilakukan penyetelan adalah relay 5. Data relay 5 dapat dilihat pada Tabel 11.

Setelah dilakukan perhitungan, maka dihasilkan setelan resetting untuk relay 5 yang dapat dilihat pada tabel 12.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan, pengujian, dan analisis di atas dapat diperoleh kesimpulan bahwa sympathetic trip dapat terjadi pada penyulang ungasan ketika ada gangguan satu fasa ke tanah pada penyulang bali resort. Penyebab sympathetic trip ini adalah karena gangguan arus kapasitif yang mengalir saat terjadi hubung singkat satu fasa yang besarnya lebih besar daripada settingan arus yang ada pada Ground Fault Relay tiap penyulang, dalam hal ini adalah penyulang ungasan. Dari hasil perhitungan dihasilkan :

- Arus kapasitif yang mengalir pada penyulang ungasan adalah 72.79 A, dimana ini lebih besar dari setting arus existing yaitu sebesar 60 A.
- Dilakukan resetting GFR untuk arusnya sebesar 94.62 A.

Diharapkan dengan setting koordinasi rele yang telah diperoleh mampu mengatasi terjadinya sympathetic trip pada penyulang ungasan dan bali resort. Cara lain untuk mencegah gangguan sympathetic trip adalah mengurangi panjang saluran yang mempunyai efek kapasitansi yang besar, karena besar arus kapasitif tergantung pada luas penampang dan panjang kabel.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Universitas Pendidikan Indonesia, "Gangguan Simpatetik Trip pada Gardu Induk Puncak Ardi Mulia"<URL:http://repository.upi.edu/operator/uploads/s_te_0810852_chapter3.pdf>, (2008).
[2] Anderson, P.M, "Power System Protection", John Wiley & Sons, Inc., Canada, Ch. 3, (1998).