

Analisa Penggunaan *Hybrid Superconducting Fault Current Limiter* (SFCL) pada Sistem Proteksi Tenaga Listrik di Kawasan Tursina

Mufidah Sa'adah, Margo Pujiantara, Soedibjo
Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
email: margo@ee.its.ac.id, soedieb@ee.its.ac.id

Abstrak - Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem yang dapat menjamin keandalan dan kesinambungan penyaluran. Kenaikan arus hubung singkat mengakibatkan koordinasi proteksi menjadi tidak tepat sehingga keandalan sistem menurun akibat pemutusan tidak berada tepat pada titik gangguan yang seharusnya. Pada saat dilakukan simulasi gangguan pada *incoming feeder* Tursina terjadi kesalahan koordinasi proteksi dengan terputusnya rele diluar kawasan Tursina karena *setting lowset* rele tersebut lebih rendah dari arus hubung singkat yang lewat. Untuk mengurangi arus hubung singkat yang mengalir pada *feeder* yang memiliki arus gangguan terbesar diperlukan impedansi tambahan salah satunya menggunakan *Hybrid Superconducting Fault Current Limiter* (SFCL) agar tidak perlu dilakukan *resetting* pada sistem utama *ring* PT. Pupuk Kaltim. Setelah dilakukan penempatan dan *setting* SFCL pada *incoming feeder* Tursina terjadi penurunan arus hubung singkat 3 fasa $\frac{1}{2}$ cycle dari 16,1kA menjadi 3,44kA maka dilakukan koordinasi ulang rele arus lebih sehingga menghasilkan kerja rele yang sesuai pada titik gangguan dan meningkatkan keandalan sistem. Hasil koordinasi ditampilkan menggunakan kurva *Time Current Curve* (TCC).

Kata Kunci—Arus Hubung Singkat 3 fasa, *Hybrid* SFCL, Koordinasi Proteksi, Rele Arus Lebih.

I. PENDAHULUAN

DALAM sistem tenaga listrik diperlukan sistem proteksi yang dapat menjamin keandalan dan kesinambungan penyaluran. Diperlukan pengaturan yang tepat agar dapat memutus arus gangguan dititik terjadinya gangguan. Respon dari peralatan pengaman yang salah dapat menyebabkan keandalan sistem menurun karena pemutusan tidak berada pada titik gangguan yang seharusnya.

Tursina merupakan salah satu pelabuhan serta gudang milik PT. Pupuk Kaltim Tbk (PKT) yaitu salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memproduksi Pupuk. Ketika terjadi gangguan pada penyulang masukan dari Tursina, terdapat kesalahan kerja peralatan pengaman yaitu terjadi pemutusan disistem utama *ring* PKT dan diluar kawasan Tursina salah satunya Kanibungan. Hal ini menyebabkan keandalan di PKT menurun karena wilayah yang tidak terkena gangguan menjadi padam akibat dari kesalahan pendeteksian gangguan. Jika dilakukan perubahan *setting* pada pengaman sistem utama *ring* PKT, mengakibatkan seluruh sistem pengaman PKT harus dikoordinasi ulang sehingga akan lebih sulit dan lebih banyak pengaman yang harus di *setting* ulang.

Berdasarkan pada kejadian tersebut dibutuhkan perubahan *setting* pengaman pada sistem *existing* wilayah Tursina saja tanpa mengubah *existing* dari sistem utama PKT.

Agar penggantian *setting* peralatan disistem utama *ring* PKT dan diluar kawasan Tursina tidak dilakukan, maka arus gangguan hubung singkat harus dibatasi sehingga nilainya berada dibawah *setting lowset* rele pada *ring* tursina. Untuk mengurangi besarnya arus gangguan hubung singkat yaitu dengan memasang impedansi tambahan salah satunya dengan menggunakan *Hybrid Superconducting Fault Current Limiter* (SFCL). SFCL diletakkan pada *feeder* yang memiliki arus hubung singkat terbesar. Ketika keadaan normal SFCL bertindak seperti *feeder* sedangkan ketika terjadi gangguan SFCL akan mereduksi arus gangguan menggunakan impedansi yang ada pada *Current Limiting Reactor* (CLR). Analisa hubung singkat serta studi disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6.

II. DASAR TEORI

A. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan suatu keadaan tidak normal yang mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan tenaga listrik. Berdasarkan asalnya, terdapat dua macam gangguan yaitu gangguan berasal dari dalam sistem dan gangguan berasal dari luar sistem. Sementara berdasarkan sifatnya gangguan dibagi menjadi dua yaitu gangguan sementara dan gangguan permanen. Gangguan hubung singkat disebabkan adanya saluran fasa yang terhubung dengan saluran fasa lainnya atau terhubung dengan *ground*. Gangguan hubung singkat dapat terjadi pada tiga fasa, dua fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah atau 3 fasa ke tanah.

B. Sistem Pengaman Tenaga Listrik

Rele adalah suatu peralatan pengaman pada sistem tenaga listrik yang bekerja dengan cara mendeteksi arus gangguan dan memerintahkan pemutus untuk bekerja agar memisahkan aliran daya antara area yang terkena gangguan dan area yang normal.

Rele arus lebih digunakan untuk mengamankan gangguan beban lebih (*overload*) dan gangguan hubung singkat (*short circuit*). Rele arus lebih akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut:

$I_f > I_{pp}$ rele bekerja (trip)
 $I_f < I_{pp}$ tidak bekerja (blok)

Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (Inverse)

Rele tidak boleh bekerja saat beban maksimum sehingga *setting* rele arus lebih yaitu:

$$1.05 I_{FLA} < I_{set} < 1.4 I_{FLA} \tag{1}$$

Rele ini akan bekerja dengan waktu operasi yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. *Setting time dial* digunakan untuk menentukan waktu operasi rele. Untuk menentukan nilai *time dial* dari masing-masing kurva karakteristik *invers* rele arus lebih dapat digunakan persamaan dibawah:

$$td = \frac{k \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]} \tag{2}$$

dimana:

- td = waktu operasi (detik)
- T = *time dial*
- I = nilai arus (Ampere)
- I_{set} = arus *pickup* (Ampere)
- k = koefisien invers 1
- α = koefisien invers 2
- β = koefisien invers 3

Tabel 1.
Koefisien *invers time dial*

Tipe Kurva	k	α	β
Standard Inverse	0.14	0.02	2.970
Very Invers	13.50	1.00	1.500
Extremely Inverse	80.0	2.00	0.808

Rele Arus Lebih Waktu Seketika (Instantaneous)

Rele ini bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai *setting*. Persamaan yang digunakan dalam menentukan *setting pickup* adalah sebagai berikut:

$$1,6 I_{FLA} < I_{set} < 0,8 I_{SC \text{ MINIMUM}} \tag{1}$$

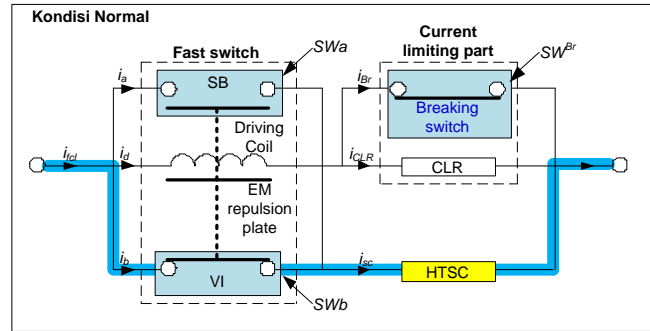
C. Hybrid Superconductor Fault Current Limiter (SFCL) [3]

Hybrid SFCL merupakan suatu peralatan yang mampu membatasi arus gangguan yang muncul pada jaringan tenaga listrik. Kemajuan luar biasa terletak pada bagian dimana *superconductor* tidak berfungsi sebagai pembatas arus hubung singkat namun hanya berfungsi sebagai *sensing* arus hubung singkat dan pengalih arus gangguan menuju *current limiting reactor* (CLR). *Hybrid SFCL* secara garis besar terdiri dari 3 bagian utama yaitu *Fast switch*, bagian pembatas arus (*current limiting part*) dan *high temperature superconductor* (HTS). Pada saat kondisi normal arus mengalir melalui *vacuum interrupter* yang terhubung seri dengan HTSC.

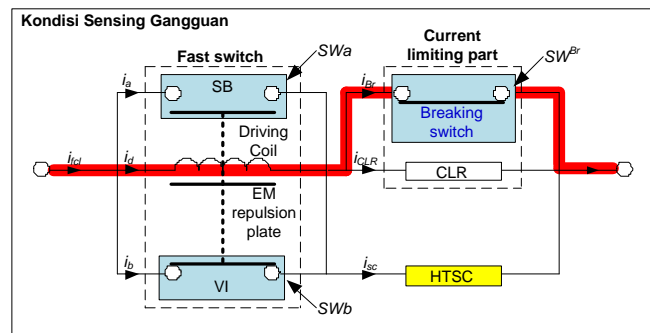
Pada kondisi normal, temperatur operasi *superconductor* dijaga pada keadaan 77 Kelvin. Pada kondisi ini HTSC memiliki impedansi sebesar 0 ohm seolah-olah menjadi suatu penghantar tanpa hambatan. Gambar. 1 merupakan rangkaian *hybrid SFCL* pada kondisi operasi normal.

Ketika arus gangguan mengalir melalui HTSC dan menghasilkan panas mengakibatkan nilai resistansi HTSC meningkat mengakibatkan arus gangguan berganti arah menuju

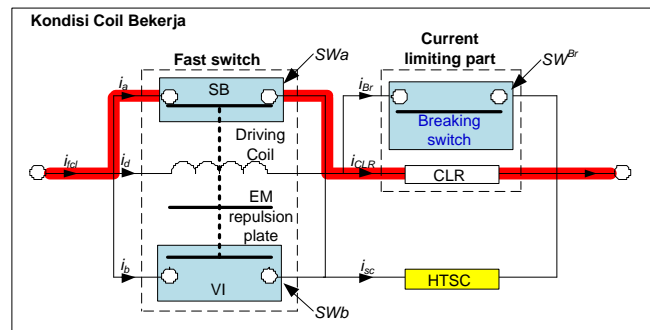
drive coil dan *breaking switch*. Gambar. 2 merupakan rangkaian *hybrid SFCL* pada kondisi sensing ketika terjadi arus gangguan. Ketika arus pada *drive coil* mencapai batas *setting* tertentu, maka kuat medan magnet yang dihasilkan *coil* akan mendorong SWa semula *normally open* menjadi *normally close* dan SWb yang semula *normally close* menjadi *normally open*. Sehingga arus gangguan akan mengalir melalui SWa dan CLR. Arus gangguan yang melalui CLR dibatasi sebelum 1/2 cycle pertama. Gambar. 3 merupakan rangkaian *hybrid SFCL* pada kondisi terjadi gangguan setelah coil aktif.



Gambar. 1. Kondisi operasi normal



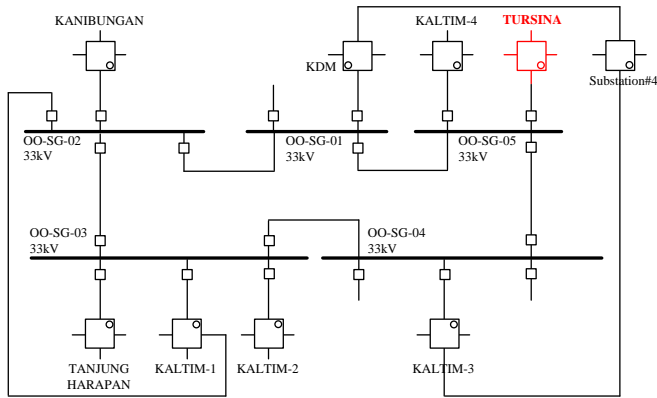
Gambar. 2. Kondisi Sensing Ketika Terjadi Arus Gangguan



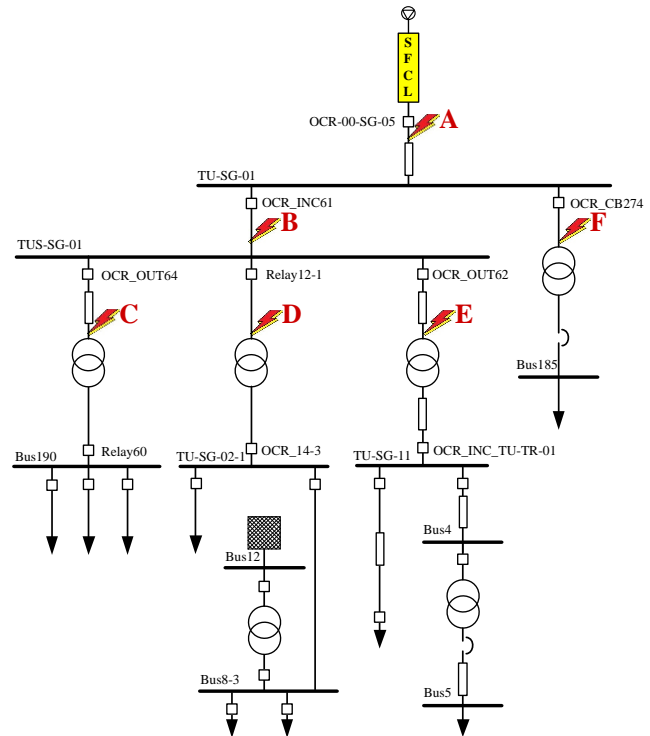
Gambar. 3. Kondisi Terjadi Gangguan Setelah Coil Aktif

III. SISTEM KELISTRIKAN TURSINA

PKT mengintegrasikan pabrik-pabrik (*island*) serta fasilitas pendukung yang ada di seluruh wilayahnya menggunakan tegangan 33 kV dalam satu sistem *ring* termasuk kawasan Tursina yang ditampilkan pada gambar. 4. Sistem kelistrikan kawasan Tursina memiliki sistem distribusi radial dengan lima rating tegangan ditunjukkan pada gambar. 5.



Gambar 4. Single Line Diagram ring PKT



Gambar 6. Case pengamatan Tripping Sequence

Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa plan existing tanpa SFCL memiliki tripping time yang tidak tepat.

Tabel 3.

Tripping Time rele existing tanpa SFCL

Fault Case	Tripping Time (ms)	Relay ID	If (kA)	Keterangan
A	100	OCR_INCK5	8.26	
	100	OCR_OUT71	2.75	Rele ke-1&2 berada di Kanibungan seharusnya tidak trip
	100	OCR_SP51	18.05	
	175	OCR-00-SG-05	18.05	
B	100	OCR_INCK5	7.62	Rele ke-1&2 berada di Kanibungan seharusnya tidak trip, rele ke-3&4 mendahului rele primer
	100	OCR_OUT71	2.54	
	100	OCR_SP51	16.66	
	175	OCR-00-SG-05	16.66	
C	100	OCR_INCK5	6.15	
	100	OCR_OUT64	15.74	Rele ke-1&3 berada di Kanibungan seharusnya tidak trip
	100	OCR_SP51	13.45	
D	100	OCR_INCK5	7.62	Rele ke-1&2 berada di Kanibungan seharusnya tidak trip, rele ke-3 seharusnya sebagai backup
	100	OCR_OUT71	2.54	
	100	OCR_SP51	16.66	
	100	Relay12-1	18.02	
E	100	OCR_INCK5	7.59	Rele ke-1&2 berada di Kanibungan seharusnya tidak trip, rele ke-3&4 mendahului rele primer
	100	OCR_OUT71	2.53	
	100	OCR_SP51	16.59	
F	175	OCR-00-SG-05	16.59	
	100	OCR_CB274	20.28	Rele ke-2&3 berada di Kanibungan seharusnya tidak trip, rele ke-4 seharusnya sebagai backup
	100	OCR_INCK5	7.62	
	100	OCR_OUT71	2.54	
100	OCR_SP51	16.66		

Data transformator meliputi rating tegangan dan kapasitas yang digunakan di kawasan Tursina ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2.

Data transformator PT. KDM

No	ID Trafo	Kap. (kVA)	Teg. Primer (kV)	Teg. Sekunder (kV)	%
1	TU-TR-06	100	33	0.4	7.25
2	TU-TR-01	15000	33	11	10.00
3	T2	400	11	0.4	4.00
4	TU-TR-03-1	15000	33	20	8.35
5	T5	60000	150	20	12.50
7	T29	7500	33	6.9	7.00

IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISA

A. Analisa Tripping Sequence

Untuk mengetahui efek penggunaan SFCL pada koordinasi proteksi kawasan Tursina maka dilakukan analisa tripping sequence dengan enam case (A-F) pada beberapa feeder seperti pada gambar. 6 untuk membandingkan Tripping sequence plan tanpa penambahan SFCL dan dengan penambahan SFCL.

Rele pada kawasan Kanibungan bekerja ketika gangguan diberikan pada seluruh *case*, hal ini tidak diperbolehkan karena rele berada diluar tursina. Rele OCR_SP51 yang berada pada *incoming feeder* Tursina yang termasuk dalam koordinasi *ring* PKT seharusnya bekerja sebagai *backup relay* ketika terjadi gangguan serta *settingnya* harus *fix* atau tidak boleh diubah.

Simulasi *tripping sequence* yang kedua dilakukan dengan penambahan SFCL pada sisi *incoming feeder* dengan hasil pada tabel 4.

Tabel 4.
Tripping Time rele existing dengan SFCL

Fault Case	Tripping Time (ms)	Relay ID	If (kA)	Keterangan
A	237	Relay12-1	2.23	Rele ke-1&2 berada di Kanibungan seharusnya tidak <i>trip</i>
	271	OCR_OUT64	0.77	
	361	OCR-00-SG-05	3.52	
	452	OCR_14-3	3.50	
B	235	Relay12-1	2.27	Rele ke-1&2 berada di Kanibungan seharusnya tidak <i>trip</i> , rele ke-3&4 mendahului rele primer
	268	OCR_OUT64	0.78	
	367	OCR-00-SG-05	3.47	
	448	OCR_14-3	3.56	
C	100	OCR_OUT64	5.90	Rele ke-1&3 berada di Kanibungan seharusnya tidak <i>trip</i>
	244	Relay12-1	2.13	
	395	OCR-00-SG-05	3.25	
D	100	Relay12-1	4.82	Rele ke-1&2 berada di Kanibungan seharusnya tidak <i>trip</i> , rele ke-3 seharusnya sebagai <i>backup</i>
	268	OCR_OUT64	0.78	
	367	OCR-00-SG-05	3.47	
	448	OCR_14-3	3.56	
E	235	Relay12-1	2.27	Rele ke-1&2 berada di Kanibungan seharusnya tidak <i>trip</i> , rele ke-3&4 mendahului rele primer
	269	OCR_OUT64	0.78	
	367	OCR-00-SG-05	3.46	
	448	OCR_14-3	3.55	
F	100	OCR_CB274	7.08	Rele ke-2&3 berada di Kanibungan seharusnya tidak <i>trip</i> , rele ke-4 seharusnya sebagai <i>backup</i>
	235	Relay12-1	2.27	
	268	OCR_OUT64	0.78	
	367	OCR-00-SG-05	3.47	

Dari tabel 4 dapat diketahui bahwa setelah penambahan SFCL, tidak ada rele diluar kawasan Tursina yang bekerja. Hal ini menandakan bahwa pemasangan SFCL pada sisi input radial dapat mengatasi permasalahan koordinasi pada seluruh *case*. SFCL mampu mereduksi arus gangguan sehingga rele OCR_SP51 serta rele diluar kawasan tursina tidak mendeteksi gangguan yang ada didalam kawasan tursina. Ketika terjadi gangguan didalam kawasan tursina, rele OCR_SP51 bekerja sebagai *backup* dan tidak lagi sebagai rele primer.

B. Pemasangan Hybrid Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)

Berdasarkan hasil simulasi *tripping sequence* dapat ditentukan letak pemasangan SFCL yakni dihubungkan secara seri dengan *incoming feeder* Tursina untuk membatasi arus gangguan agar tidak melebihi *setting lowset* dari rele OCR_SP51.

Dasar perhitungan nilai reaktansi CLR adalah nilai impedansi trafo isolasi (X) yang sebagian besar telah terpasang

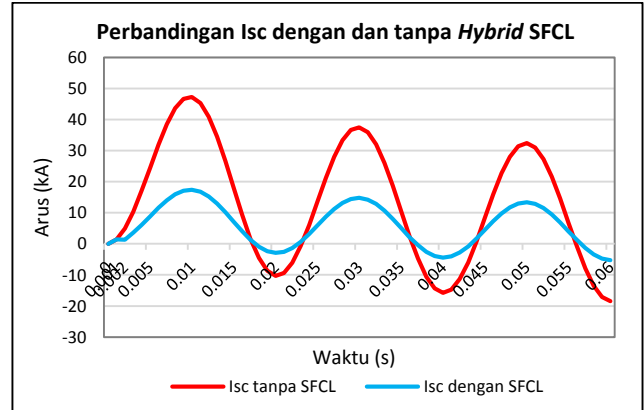
di *island* yang ada di kawasan PKT yaitu sebesar 10%. Daya total beban yang ada di Tursina adalah 22 MVA sehingga kapasitas trafo yang dapat dipasang adalah 25 MVA. Berikut adalah perhitungan nilai impedansi total trafo pada rating tegangan 33kV dengan daya 25 MVA.

$$Z_{trafo} = \frac{kV^2}{MVA} = \frac{33^2}{25} = 43,56 \Omega$$

Berikut adalah perhitungan untuk menentukan besarnya nilai reaktansi dari CLR yaitu 10% dari nilai impedansi total trafo.

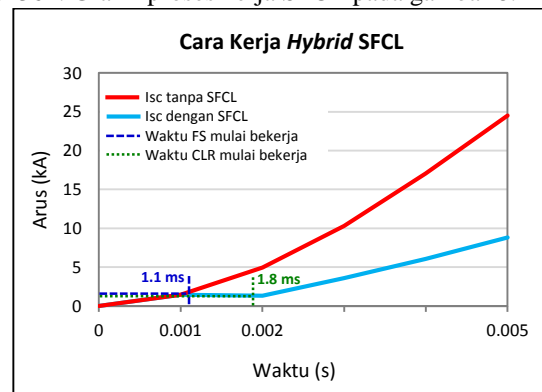
$$X_R = Z_{trafo} \cdot 10\% = 43,56 \times 10\% = 4,356 \Omega$$

Perbandingan antara gelombang arus saat hubung singkat tanpa dan dengan *hybrid* SFCL ditampilkan pada gambar 4.7.



Gambar. 7. Perbandingan Arus gangguan tanpa dan dengan *hybrid* SFCL

HTS mendeteksi gangguan pada saat 1,1 ms setelah dimulainya arus hubung singkat ketika Isc sebesar 1,45 kA. *Drive coil* mulai mendeteksi arus gangguan dan *fast switch* mulai bekerja pada 1,1 ms dan berakhir pada 1,8 ms setelah kegagalan terjadi. Kemudian arus yang mengalir ke HTS menjadi nol dan total arus gangguan mengalir ke jalur paralel menuju CLR untuk direduksi memanfaatkan reaktansinya. Arus hubung singkat tanpa SFCL saat 2 ms sebesar 4,95 kA sedangkan setelah melewati CLR arus menjadi 1,3 kA. Untuk memodelkan bentuk gelombang arus hubung singkat 3 fasa 1/4 *cycle* pertama pada bus TU-SG-01 digunakan metode transien IEC 61361. Grafik proses kerja SFCL pada gambar 8.

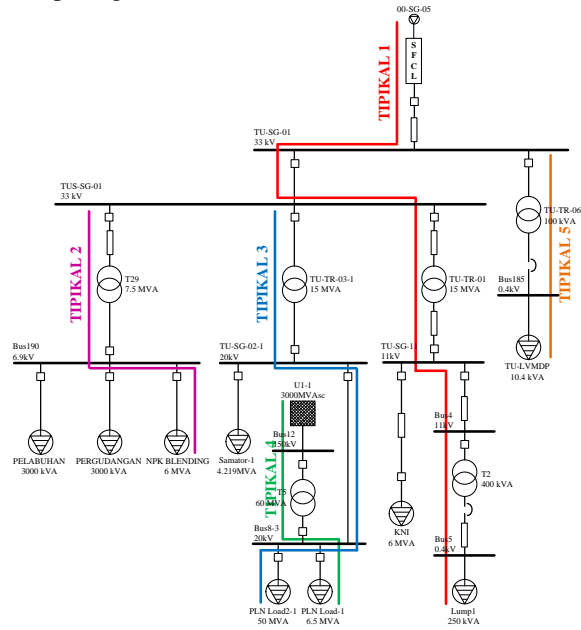


Gambar. 8. Grafik Proses Kerja SFCL

C. Pemasangan Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)

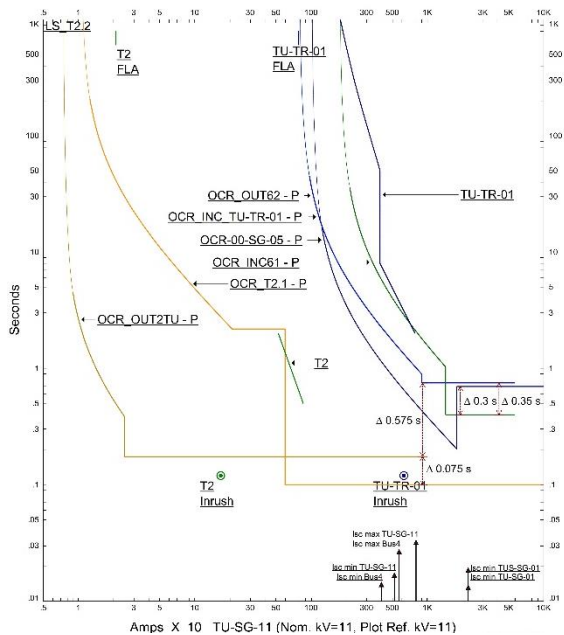
Setelah dilakukan penambahan *hybrid* SFCL perlu dilakukan *setting* koordinasi proteksi ulang. Dipilih beberapa

tipikal yang dapat mewakili sistem kelistrikan Kawasan Tursina ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Single line diagram tipikal 1 sampai 5

Koordinasi rele arus lebih tipikal 1 merupakan jalur tipikal dari ring KDM hingga beban Lump1. Pada Tipikal ini terdapat beberapa rele pengaman yaitu OCR-00-SG-05, OCR_OUT62, OCR_INC_TU-TR-01, OCR_OUT2TU dan OCR_T2.1.



Gambar 10. Kurva Setting Rele Awal Pada Tipikal 1

Pada kondisi awal tipikal 1 yang ditunjukkan pada gambar 10 terdapat beberapa yang perlu diperhitungkan diantaranya:

1. Pada rele OCR_T2.1 nilai *setting pickup highset* sangat besar sehingga terbentur pada *damage curve* trafo T2 yang seharusnya dilindungi.
2. Pada rele OCR_OUT2TU memiliki Δt 0,075s dari rele OCR_T2.1 atau dibawah batas standar IEEE Std. 242-1986 tentang delay seberapa 0,2-0,4s.

3. Nilai *time dial* kurva invers rele OCR-00-SG-05 lebih kecil dari time delay kurva instan sehingga rele 50 bekerja terlebih dahulu dari rele 51.
4. Nilai *setting pickup highset* rele OCR_INC_TU-TR-01 dan rele OCR_INC61 melebihi 0,8 kali nilai $I_{sc \text{ min}}$.

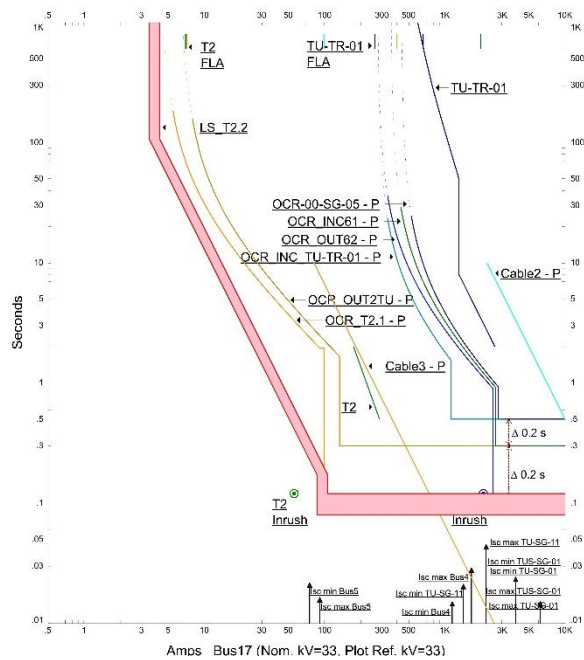
Dari hasil analisa diatas setelah dilakukan *setting ulang* didapatkan perubahan nilai *setting rele* yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Tripping Time rele existing dengan SFCL

Relay ID	CT ratio	Relay ID	Existing	Resetting
LS_T2.2	250	LT Pickup	400	320
		LT Band	Curve A	Curve A
		ST Pickup	9000	8000
		ST Band	Curve B	Curve B
OCR_T2.1	25/5	Pickup Lowset	10,6A	13,75A
		Time dial	4,62	4,1
		Pickup Highset	3232A	300A
		Time delay	0,1s	0,1s
OCR_OUT2TU	25/5	Pickup Lowset	7,5A	10A
		Time dial	0,1	3,5
		Pickup Highset	25A	200A
		Time delay	0,18s	0,3s
OCR_INC_TU-TR-01	1250/5	Pickup Lowset	812,5A	837,5A
		Time dial	1,0	0,52
		Pickup Highset	9000A	3375A
		Time delay	0,75s	0,5s
OCR_OUT62	400/5	Pickup Lowset	270A	280A
		Time dial	1,0	0,8
		Pickup Highset	3000A	2520A
		Time delay	0,75s	0,1s
OCR_INC61	800/5	Pickup Lowset	600A	360A
		Time dial	0,8	0,65
		Pickup Highset	4800A	2640A
		Time delay	0,4s	0,3s
OCR-00-SG-05	400/5	Pickup Lowset	340,4A	440A
		Time dial	0,37	0,55
		Picup Highset	6000A	2800A
		Time delay	0,7s	0,5s

Berdasarkan data resetting dan plot kurva kerja rele dari perhitungan ulang pada tipikal 1 terdapat beberapa perbaikan, diantaranya:

1. Pemasangan SFCL mengakibatkan arus hubung singkat menurun sehingga memperkecil *setting pickup highset* pada rele OCR_T2.1, OCR_INC_TU-TR-01, OCR_OUT62, OCR_INC61 dan OCR-00-SG-05.
 2. Pada rele OCR_OUT62 dilakukan perubahan nilai *time delay* dari 0,75s menjadi 0,1s karena rele berada disisi primer trafo.
 3. Memperkecil time dial rele OCR_INC_TU-TR-01 agar tidak bersinggungan dengan rele OCR_OUT62 sehingga saat terjadi gangguan tidak bekerja secara bersamaan.
- Kurva kerja rele Setelah dilakukan *resetting* ditampilkan pada gambar 11.



Gambar. 11. Kurva Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 1

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa penggunaan *Hybrid Superconducting Fault Current Limiter (SFCL)* pada sistem proteksi di Tursina, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pemasangan SFCL, nilai arus hubung singkat 3 fasa $\frac{1}{2}$ cycle pada *incoming feeder* Tursina sebesar 16,1kA sedangkan setelah dilakukan pemasangan SFCL nilai arus hubung singkat 3 fasa menjadi 3,44kA.
2. Ketika diberi gangguan didalam *incoming feeder* Tursina, sebelum dipasang SFCL, terjadi kesalahan koordinasi yaitu rele diluar kawasan Tursina bekerja. Ketika dipasang SFCL kerja rele menjadi sesuai pada titik terjadi gangguan serta keandalan sistem meningkat.
3. Pemasangan SFCL diletakkan pada *incoming feeder* Tursina karena memiliki nilai arus hubung singkat 3 fasa $\frac{1}{2}$ cycle terbesar dari *feeder-feeder* lainnya.
4. SFCL yang digunakan adalah hybrid resistive SFCL dengan nilai resistansi sebesar $4,356\Omega$. Pada hybrid resistive SFCL, Superkonduktor difungsikan sebagai media switch arus hubung singkat menuju Current Limiting Reactor (CLR) dengan memanfaatkan kenaikan impedansi dari superkonduktor.
5. Waktu *switch* yang dibutuhkan superkonduktor adalah 0,001s sedangkan waktu operasi yang dibutuhkan untuk mereduksi arus hubung singkat sebesar 0,002s.
6. Penambahan SFCL mengakibatkan nilai arus hubung singkat menurun sehingga dilakukan koordinasi ulang proteksi di Tursina.
7. Pemasangan SFCL sebagai pengaman adalah cara yang tepat karena tidak perlu dilakukan *setting* ulang pada

sistem utama *ring* PKT melainkan hanya pada kawasan Tursina.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis M.S. mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT serta mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing yang banyak membantu menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini, kepada Yohannes yang telah memberikan referensi tugas akhir, kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan dan kepada teman-teman LJ 2014 yang selalu membantu dan membagi ilmu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R Wahyudi. Ir, "Diktat Kuliah Sistem Pengaman Tenaga Listrik", 2008
- [2] Ontoseno Penangsang. Prof, "Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga 2", 2008
- [3] Hyun. Ok-Bae, "Introduction of a Hybrid SFCL in KEPCO Grid and Local Points at Issue", in IEEE Trans. Appl. Supercond, Vol.19, No. 3, June 2009
- [4] Lim. Sung-hun, "Analysis on Protection Coordination of Hybrid SFCL Witch Protective Devices in a Power Distribution System", in IEEE Trans. Appl. Supercond, Vol.21, No. 3, June 2011
- [5] Hyun. Ok-Bae, "Current-Time Characteristics of Resistive Superconducting Fault Current Limiters", in IEEE Trans. Appl. Supercond, Vol.22, No. 2, April 2012
- [6] B. W. Lee, K. B. Park, J. Sim, "Study and Experiments of Novel Hybrid Type Superconducting Fault Current Limiters", in IEEE Trans. Appl. Supercond, Vol.18, No. 2, June 2008
- [7] "American National Standards Institute, IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System", IEEE Std 242-1986
- [8] Lazar irwin "Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant", McGraw-Hill Inc., USA, Ch, 1, 1980