

Koordinasi Proteksi Sebagai Upaya Pencegahan Terjadinya *Sympathetic Trip* Di Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim

Ekka Sheilla Calmara, Margo Pujiantara, Sjamsjul Anam
Jurusan Teknik Elektro – FTI - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: margo@ee.its.ac.id , anam@ee.its.ac.id

Abstrak - Semakin besar jumlah gangguan, berarti keandalan sistem makin rendah begitu juga sebaliknya. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah *Sympathetic Trip* Peristiwa ini pada umumnya disebut trip ikutan atau palsu. Hal ini dapat mengganggu keandalan sistem dan kontinuitas sistem jaringan yang sehat. Seperti pada PT. Pupuk Kaltim, saat ada gangguan terjadi di Tursina, terjadi trip simpatetik di island lain, di Kanibungan karena arus gangguan yang dirasakan terlalu besar, yakni mencapai 8.141 kA. Oleh sebab itu untuk mengurangi arus gangguan hubung singkat tersebut digunakan suatu impedansi tambahan yaitu Insulated Transformer. Trafo ini dipasang pada bagian outgoing Tursina menuju ring PT. Pupuk Kaltim Pemasangan Trafo dapat mengurangi besarnya arus hubung singkat menjadi 1.75 kA. Pemasangan Insulated Transformer sebesar 25 MVA menunjukkan arus hubung singkat semakin berkurang sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan koordinasi proteksi rele arus lebih pada Tursina. Hasil analisa hubung singkat serta studi koordinasi proteksi akan ditampilkan dalam bentuk kurva time current characteristic (TCC)

Kata Kunci : *Insulated Transformer, Koordinasi Proteksi, Rele Arus Lebih, Sympathetic Trip, Time Current Characteristic (TCC)*

I. PENDAHULUAN

PT. Pupuk Kaltim merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam penyediaan pupuk, Tursina merupakan salah satu area pabrik dan pelabuhan di PT. Pupuk Kaltim. Untuk mengurangi gangguan, dalam rangka mempertahankan keandalan sistem diperlukan suatu sistem koordinasi proteksi yang tepat untuk suatu sistem dari berbagai gangguan yang kemungkinan terjadi. Apabila peralatan proteksi memberikan respon yang salah terhadap gangguan akan terjadi gangguan, salah satu gangguan yang terjadi adalah gangguan yang dikenal sebagai gangguan *Sympathetic Trip*, dimana suatu sistem proteksi pada jaringan yang sehat ikut terganggu dan trip akibat jaringan yang terganggu. Peristiwa ini pada umumnya disebut dengan trip ikutan atau palsu. Sistem Kelistrikan di PT. Pupuk Kaltim tidak lepas dari beberapa gangguan, salah satunya adalah gangguan *sympathetic trip* yang terjadi di Kawasan Tursina. Hal ini menyebabkan rele di kawasan Kanibungan terjadi trip karena arus kontribusi dari Kanibungan menuju Tursina terlalu besar, sehingga dibutuhkan impedansi tambahan untuk mengurangi arus gangguannya, sehingga perlu dilakukan koordinasi ulang sistem proteksi Tursina setelah penambahan

trafo tersebut. Analisa hubung singkat serta studi koordinasi dalam bentuk time current curve (TCC) disimulasikan menggunakan software ETAP.

II. TEORI PENUNJANG

A. Gangguan Hubung Singkat

Dalam setiap sistem kelistrikan di industri tidak dapat lepas dari kemungkinan adanya gangguan, baik gangguan yang bersumber dari dalam sistem sendiri (*internal*) maupun dari luar (*external*). Gangguan yang sering terjadi pada suatu sistem kelistrikan industri adalah gangguan hubung singkat. Gangguan ini dapat menyebabkan beberapa dampak antara lain arus hubung singkat akan sangat tinggi, tegangan akan menjadi drop, serta terputusnya aliran daya. Besarnya arus gangguan hubung singkat dapat ditentukan berdasarkan impedansi dari peralatan listrik pada sistem tersebut. Gangguan hubung singkat dapat terjadi tiga fasa, dua fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat simetri atau disebut gangguan hubung singkat seimbang yaitu terjadi pada gangguan hubung singkat tiga fasa.

B. *Sympathetic Trip*

Dalam sistem tenaga listrik diperlukan sistem tenaga listrik yang dapat menjamin keandalan dan kesinambungan penyaluran, jumlah gangguan pelayanan merupakan indikator untuk mengetahui keandalan suatu jaringan. Semakin besar jumlah gangguan, berarti keandalan sistem makin rendah begitu juga sebaliknya. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada Jaringan Tegangan Menengah adalah *Sympathetic Trip* dimana suatu sistem proteksi merespon secara salah atau tidak diharapkan pada suatu kondisi atau keadaan sistem yang mengalami gangguan. Peristiwa ini pada umumnya disebut trip ikutan atau palsu karena sistem proteksi yang bekerja dari jaringan yang sehat[1]

C. *Setting Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (Invers Time)*

Rele arus lebih waktu terbalik memiliki batas *setting* yaitu rele tidak boleh bekerja saat beban maksimum, sehingga *setting* arus dari rele ini harus lebih besar dari arus beban penuh dari peralatan yang akan diamankan.

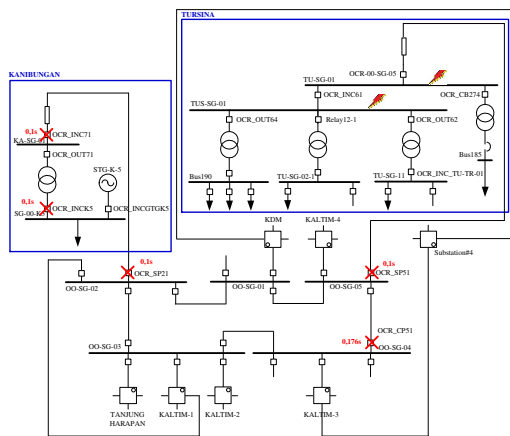
Pada rele arus lebih waktu terbalik terdiri dari dua bagian *setting* yaitu *setting pickup* dan *setting time dial*. Pada *pickup*

gangguan terjadi di Tursina pada bus TUS-SG-01 dan Bus TU-SG-01, terjadi trip simpatetik di Kanibungan.

Tabel 3.
Sequence trip simpatetik

Time (mS)	ID	If (kA)	Condition	Lokasi
100	OCR_INCK5	8.141	Phase-OC1-50	Kanibungan
100	OCR_OUT71	2.714	Phase-OC1-50	Kanibungan
100	OCR_SP51	17.018	Phase-OC1-50	Ring PKT
176	OCR_CP51	14.014	Phase-OC1-51	Ring PKT

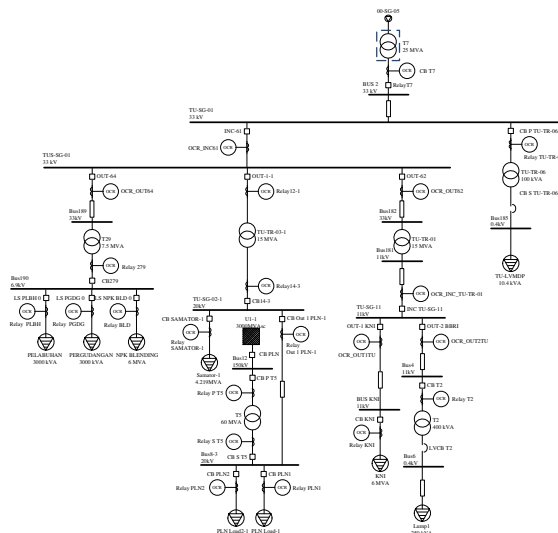
Bisa dilihat pada Tabel 3, bahwa gangguan yang bersumber pada kawasan Tursina dirasakan oleh rele-rele di kawasan Kanibungan dikarenakan arus gangguan dari kawasan Kanibungan menuju Tursina terlalu besar diantaranya adalah Rele OCR_INCK5 yang merasakan adanya arus gangguan sebesar 8,141 .



Gambar 3. Sympathetic Trip akibat gangguan di Tursina

B. Analisa Pemasangan Impedansi

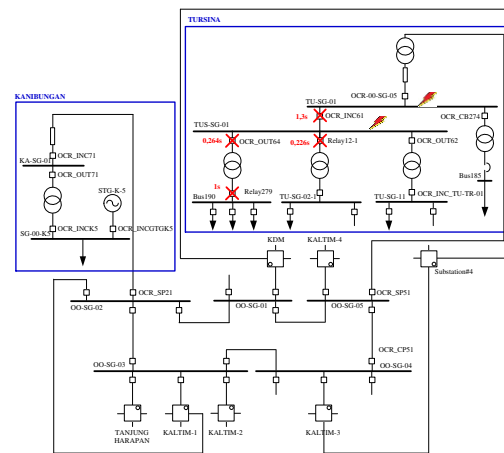
Di antara Kawasan Tursina dan Kanibungan hanya dihubungkan oleh kabel dengan impedansi yang nilainya relatif terlalu kecil untuk arus gangguan yang muncul dan ternyata tidak cukup untuk menahan arus hubung singkat menuju Tursina saat terjadi gangguan yang berasal dari Tursina sehingga dibutuhkan impedansi tambahan untuk mengurangi arus gangguan tersebut.



Gambar 4. Pemasangan Insulated Transformer pada Tursina

Diberikan sebuah impedansi berupa Insulated Transformer. Pemilihan trafo sebagai impedansi tambahan adalah karena Trafo juga dapat mengatasi drop tegangan pada bus dengan mengaktifkan LTC (Load Tap Changer) nya. Insulated Transformer dipasang pada bagian outgoing Tursina menuju ring PKT seperti pada Gambar 4. Seperti diperlihatkan pada Gambar 5 di bawah, bahwa setelah pemasangan Insulated Transformer, sympathetic trip sudah tidak terjadi, rele arus lebih pada Kanibungan sudah tidak merasakan adanya gangguan yang berasal dari Tursina.

Sehingga, sebuah koordinasi proteksi ulang akan dilakukan akibat pemasangan Insulated Transformer tersebut menyebabkan arus kontribusi dari Tursina berubah. Berikut ini adalah tabel 4 dan 5 yang menunjukkan perbandingan arus hubung singkat 30 cycle dan 4 cycle pada Tursina sebelum dan sesudah pemasangan Insulated Transformer.



Gambar 5. Sequence setelah pemasangan Trafo

Tabel 4.
Arus Hubung Singkat Minimum 30 cycle

ID Bus	Arus Hubung Singkat Minimum 30 cycle
--------	--------------------------------------

	Sebelum pemasangan <i>Insulated Transformer</i>	Sesudah pemasangan <i>Insulated Transformer</i>
4	4.17	4.04
8-3	13.14	13.14
6	11.32	12.85
12	10.3	11.55
16	5.22	4.84
181	5.47	5.02
182	9.21	4.63
185	1.72	1.98
189	8.32	4.42
190	6.5	6.3
KNI	5.22	4.84
TU-SG-01	9.23	4.63
TU-SG-02-1	9.68	9.79
TU-SG-11	5.46	5.02
TUS-SG-01	9.23	4.63

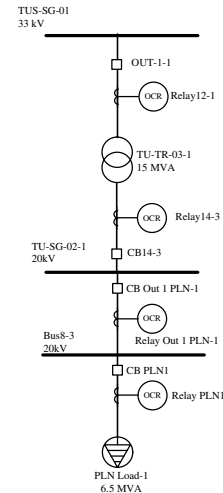
Tabel 5.

Arus Hubung Singkat Maksimum 4cycle

ID Bus	Arus Hubung Singkat Maksimum 4 cycle	
	Sebelum pemasangan <i>Insulated Transformer</i>	Sesudah pemasangan <i>Insulated Transformer</i>
4	5.67	5
8-3	19.32	18.43
6	13.24	13.11
12	11.55	11.55
16	6.5	5.24
181	6.83	5.45
182	17.21	5.9
185	2.01	1.98
189	14.95	5.41
190	11.6	10.32
KNI	6.5	5.24
TU-SG-01	17.62	6.26
TU-SG-02-1	13.29	11.96
TU-SG-11	6.82	5.44
TUS-SG-01	17.62	6.26

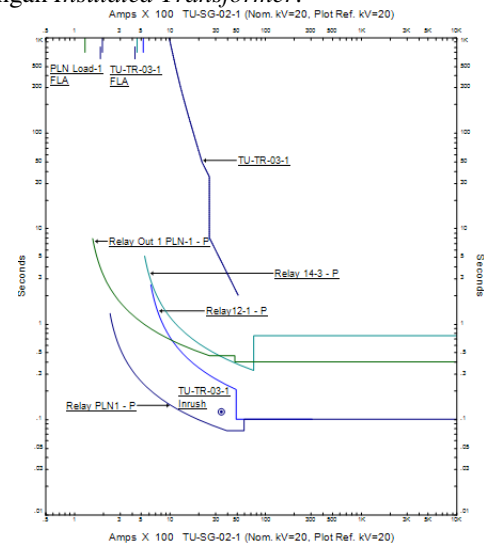
C. Tipikal 2

Koordinasi rele arus lebih tipikal 2 merupakan jalur tipikal dari Trafo TU-TR-03-1 hingga beban lump PLN-Load1 yang terdiri dari rele Relay PLN1 untuk melindungi beban lump PLN Load-1, rele OUT1 PLN-1 sebagai *backup* nya, rele Relay 14-3 sebagai pelindung trafo sekunder dan Bus8-3 serta rele Relay12-1 sebagai pelindung trafo primer dan *backup* rele Relay14-3. *Single line diagram* tipikal 1 ditunjukkan pada gambar 6 dibawah.



Gambar 6. Single line diagram tipikal 2

Hasil plot kurva kerja rele awal dapat dilihat pada gambar 7. Berdasarkan hasil plot tersebut terdapat beberapa perbaikan karena perubahan nilai arus hubung singkat akibat pemasangan *Insulated Transformer*.



Gambar 7. Hasil Plot setelah rele existing tipikal 2

Perhitungan ulang *setting* rele adalah sebagai berikut :

- Rele PLN1**
 Manufaktur : Merlin Gerin
 Model : Sepam 1000
 Tipe Kurva : Standard Inverse
 Rasio CT : 200/5
 FLA beban lump PLN Load-1 : 187.6A
 Isc min Bus8-3 : 12290A
 Isc max kontribusi beban lump : 405A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA beban Lump} < I_{set} < 1,4 \text{ FLA beban Lump}$$

$$1,05 \times 187.6 < I_{set} < 1,4 \times 187.6$$

$$196.98 < I_{set} < 262.64$$

$$\frac{196.98}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{262.64}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{196.98}{200} I_n < \text{tap} < \frac{262.64}{200} I_n$$

$$0.98 I_n < \text{tap} < 1.3 I_n$$

Dipilih tap I_n (Range 0,3 - 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 200 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,1 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc kontribusi Lump PLN1}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,1 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{405}{200} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,03$$

Dipilih TD 0,18 (Range 0,1 - 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA beban Lump < Iset < 0,8 isc min Bus8 - 3

$$1,6 \times 187.6 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 12290$$

$$300.16 < I_{\text{set}} < 9832$$

$$\frac{300.16}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{300.16}{200} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{200} I_n$$

$$1,5 I_n < \text{tap} < 49.16 I_n$$

Dipilih tap 19.6 I_n (Range 1 - 24 I_n)

$$I_{\text{set}} = 3920 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,1 detik

• **Rele OCR Out 1 PLN-1**

Manufaktur : Merlin Gerin
 Model : Sepam 1000
 Tipe Kurva : Standard Inverse
 Rasio CT : 200/5
 FLA : 175A
 Isc min bus TU-SG-02-1 : 12290A
 Isc max kontribusi bus TU-SG-02-1 : 2940A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA}$$

$$1,05 \times 175 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 175$$

$$183.7 < I_{\text{set}} < 245$$

$$\frac{183.7}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{245}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{183.7}{200} I_n < \text{tap} < \frac{245}{200} I_n$$

$$0,91 I_n < \text{tap} < 1.2 I_n$$

Dipilih tap 0,93 I_n (Range 0,3 - 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 186 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,3 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max kontribusi lump}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,3 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{2940}{186} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0.35$$

Dipilih TD 0.36 (Range 0,1 - 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ isc min kontribusi}$$

$$1,6 \times 175 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 12290$$

$$280 < I_{\text{set}} < 9832$$

$$\frac{280}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{280}{200} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{200} I_n$$

$$1,4 I_n < \text{tap} < 49.16 I_n$$

Dipilih tap 8.5 I_n (Range 1 - 24 I_n)

$$I_{\text{set}} = 1700 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,3 detik

• **Rele 14-3**

Manufaktur : Merlin Gerin
 Model : Sepam 1000
 Tipe Kurva : Standard Inverse
 Rasio CT : 500/5
 FLA trafo TU-TR-03-1 : 433
 Isc min bus TU-SG-02-1 : 2160A
 Isc max kontribusi TU-SG-02-1 : 2980A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA trafo} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA Trafo}$$

$$1,05 \times 433 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 433$$

$$454,65 < I_{\text{set}} < 606,2$$

$$\frac{454,65}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{606,2}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{454,65}{500} I_n < \text{tap} < \frac{606,2}{500} I_n$$

$$0,909 I_n < \text{tap} < 1,212 I_n$$

Dipilih tap 0,92 I_n (Range 0,3 - 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 460 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,5 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{sc \text{ max kontribusi TU-SG-02-1}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$0,5 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{2980}{460} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

TD = 0,38

Dipilih TD 0,4 (Range 0,1 - 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA Trafo < Iset < 0,8 isc min kontribusi TU-SG-02-1

$$1,6 \times 433 < Iset < 0,8 \times 2160$$

$$692,8 < Iset < 1728$$

$$\frac{692,8}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{1728}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{692,8}{500} I_n < \text{tap} < \frac{1728}{500} I_n$$

$$1,39 I_n < \text{tap} < 3.456 I_n$$

Dipilih tap 3.4 I_n (Range 1 - 24I_n)

I_{set} = 1700 A

Time delay

Dipilih Time delay 0,5 detik

• Relay12-1

- Manufaktur : Merlin Gerin
- Model : Sepam 1000
- Tipe Kurva : Standard Inverse
- Rasio CT : 400/5
- FLA trafo TU-TR-03-1 : 262,4A
- Isc min bus TUS-SG-01 : 4130A
- Isc max kontribusi TUS-SG-01 : 2000A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

1,05 FLA trafo < I_{set} < 1,4 FLA Trafo

1,05 × 262,4 < I_{set} < 1,4 × 262,4

275,52 < I_{set} < 367,36

$$\frac{275,52}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{367,36}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{275,52}{400} I_n < \text{tap} < \frac{367,36}{400} I_n$$

0,689 I_n < tap < 0,918 I_n

Dipilih tap 0,975 (Range 0,3 - 2,4I_n)

I_{set} = 300 A

Time dial

Waktu operasi: 0,1 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{sc \text{ max kontribusi TUS-SG-01}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$0,1 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{2000}{300} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

TD = 0,08

Dipilih TD 0,45 (Range 0,1 - 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA Trafo < Iset < 0,8 isc min kontribusi TUS-SG-01

1,6 × 262,4 < Iset < 0,8 × 4130

419,84 < Iset < 3304

$$\frac{419,84}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{419,84}{400} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{400} I_n$$

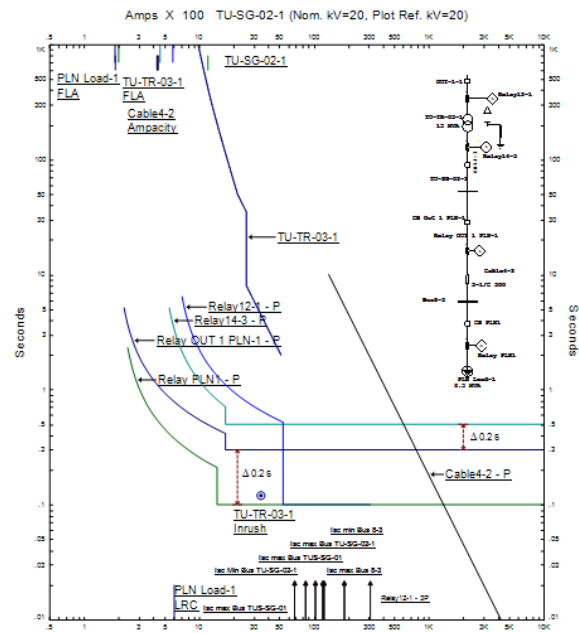
1,05 I_n < tap < 8.3 I_n

Dipilih tap 8.2 I_n (Range 1 - 24I_n)

I_{set} = 3280 A

Time delay

Dipilih Time delay 0,1 detik



Gambar 8. Hasil Plot setelah rele resetting tipikal 2

Seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Pada plot kurva TCC tipikal 2 terlihat bahwa terjadi perubahan nilai *pickup highset* dari rele Relay PLN1, rele OUT1 PLN-1 dan rele Relay14-3, nilai sebelumnya terlalu besar sehingga harus diturunkan. Nilai *pickup lowset* dari rele OUT 1 PLN-1 dinaikkan, karena nilai *existing* kurang dari 1.05 FLA. Hasil *setting* rele *overcurrent* dapat dilihat pada tabel 6 di bawah.

Tabel 6.
Hasil *Setting Rele Overcurrent*

Relay ID	Setting			
	Existing		Resetting	
Relay PLN1	Pickup Lowset	197	Pickup Lowset	200
	Time dial	0.1	Time dial	0.18
	Pickup Highset	6000	Pickup Highset	1440
	Time delay	0.1	Time delay	0.1
Relay OUT 1 PLN-1	Pickup Lowset	130	Pickup Lowset	186
	Time dial	0.61	Time dial	0.36
	Pickup Highset	4800	Pickup Highset	1700
	Time delay	0.4	Time delay	0.3
Relay 14-3	Pickup Lowset	455	Pickup Lowset	460
	Time dial	0.4	Time dial	0.4
	Pickup Highset	7550	Pickup Highset	1700
	Time delay	0.75	Time delay	0.5
Relay 12-1	Pickup Lowset	320	Pickup Lowset	300
	Time dial	0.2	Time dial	0.45
	Pickup Highset	3000	Pickup Highset	3280
	Time delay	0.1	Time delay	0.1

V. KESIMPULAN

Saat ada gangguan pada saat gangguan terjadi di Tursina pada bus TUS-SG-01 dan TU-SG-01, terjadi trip simpatetik di *island* lain, terutama pada *island* tanpa impedansi di bagian *outgoing island* seperti Kanibungan, pada rele OCR_INCK5 dan rele *backup* nya karena arus gangguan yang dirasakan terlalu besar, yakni mencapai 8.141 kA. Pemasangan trafo sebesar 25 MVA dengan impedansi 10% terbukti dapat mengurangi besarnya arus hubung singkat yang mengalir ke *island* Kanibungan menjadi sebesar 1.75 kA sehingga sistem proteksi di Kanibungan tidak terganggu. Dengan pemasangan *Insulated Transformer* menunjukkan arus hubung singkat dari Tursina berkurang sehingga perlu dilakukan koordinasi ulang proteksi rele arus lebih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sihombing, Mitro. "Evaluasi Koordinasi Rele Proteksi Pada Penyulang Distribusi 20 kV Terhadap Kemungkinan Gangguan *Sympathetic Tripping* Sewaktu Gangguan Satu Fasa Ke Tanah", Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara, Medan, 2012.
- [2] IEEE Std 551TM – 2006, "IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 2, 2006.
- [3] Penangsang, Ontoseno. "Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2", Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya
- [4] Wahyudi, "Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik", Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya.
- [5] IEEE Std 242TM – 2001, "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 4, Ch. 15, 2001.
- [6] Tleis Nasser, "Power System Modelling and Fault Analysis", Nwenes, UK, Ch. 1, 2004
- [7] Lazar, Irwin. "Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant", McGraw-Hill Inc., USA, Ch.1, 1980
- [8] Mladenovic, Slobodan. "Sympathetic Trip Prevention by Applying Simple Current Relays", 2010.