

KOORDINASI PROTEKSI *DIRECTIONAL OVERCURRENT RELAY* DENGAN MEMPERTIMBANGKAN GANGGUAN ARAH ARUS DI PABRIK PT. PETROKIMIA GRESIK

Novie Elok Setiawati, 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 - Pasokan kebutuhan daya listrik di PT. Petrokimia Gresik dengan adanya jalur interkoneksi meningkat dengan tujuan untuk menjaga kontinuitas pelayanan daya listrik. Namun, dengan meningkatnya pasokan kebutuhan daya listrik ada dampak yang terjadi ketika ada gangguan hubung singkat di jalur interkoneksi dan koordinasi proteksinya masih belum optimal sehingga menyebabkan sistem kestabilan menjadi terganggu. Oleh karena itu, dibutuhkan perubahan setting rele dengan menggunakan rele arah arus lebih (DOCR). Rele arah arus lebih (DOCR) ini digunakan untuk mengamankan gangguan hubung singkat yang terjadi di jalur interkoneksi dengan pemutusan selektif yang dapat membuat sistem menjadi lebih stabil. Dalam melakukan koordinasi proteksi diperlukan *grading time* antar rele sesuai standar IEEE 242 yaitu 0.2 s/d 0.3 s dan *time delay* dikoordinasikan sehingga rele tersebut dapat bekerja dengan tepat. Hasil analisa hubung singkat serta koordinasi proteksi akan ditampilkan dalam bentuk kurva *time current curve* (TCC).

Kata Kunci : Arus Hubung Singkat, Rele Arah Arus Lebih (DOCR), Koordinasi Proteksi, Kurva *Time Current Curve* (TCC).

I. PENDAHULUAN

PT. Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terlengkap di Indonesia yang memproduksi berbagai macam pupuk dan non pupuk. Perusahaan ini berlokasi di Indonesia, tepatnya di Gresik - Jawa Timur. PT Petrokimia Gresik memiliki beberapa pabrik untuk menunjang kegiatan operasionalnya. Saat ini PT. Petrokimia Gresik disuplai oleh beberapa sumber kelistrikan diantaranya : pada pabrik I disuplai *Gas Turbine Generator* (GTG plant-1) 1x33 MW, pabrik II disuplai oleh *grid* PLN 20000MVA_{sc}, pabrik IIIA disuplai menggunakan *Steam Turbine Generator* (STG plant-III) 1x11.5 MW dan 1x8.5 MW serta terdapat satu unit pembangkit *Steam Turbine Generator* (STG UBB Plant) sebesar 1x32 MW, pabrik IIIB disuplai *Steam Turbine Generator* (STG Revamp plant-III) 1x17.5 MW serta satu unit pembangkit *Steam Turbine Generator* (STG Cogen Plant) 1x12.5 MW.

PT. Petrokimia Gresik, seperti pabrik-pabrik pada umumnya memerlukan keandalan sistem kelistrikan serta kontinuitas suplai daya listrik untuk mendukung proses produksinya. Sedangkan, pasokan kebutuhan daya listrik di PT. Petrokimia Gresik dengan adanya jalur interkoneksi terus meningkat. Namun, dengan meningkatnya pasokan kebutuhan daya listrik ada dampak yang terjadi ketika ada gangguan hubung singkat di jalur interkoneksi dan koordinasi proteksinya masih belum optimal sehingga menyebabkan sistem kestabilan terganggu. Oleh karena itu, dibutuhkan perubahan *setting* rele dengan menggunakan rele arah arus lebih (DOCR). Rele arah arus lebih (DOCR)

ini digunakan untuk mengamankan gangguan hubung singkat yang terjadi di jalur interkoneksi dengan pemutusan selektif yang dapat membuat sistem menjadi lebih stabil.

Rele arah arus lebih (DOCR) ini akan mengakibatkan perubahan beberapa *setting* rele pada sistem *existing* sehingga perlu dilakukan *resetting* koordinasi proteksi untuk mengetahui apakah sistem pengamanan bekerja dengan baik. Analisa hubung singkat serta koordinasi dalam bentuk kurva *time current characteristic* (TCC) disimulasikan menggunakan *software* ETAP.

II. TEORI PENUNJANG

A. Gangguan-Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik [1]

Pada dasarnya suatu gangguan pada sistem tenaga listrik adalah keadaan tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan tenaga listrik. Secara umum klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh dua faktor yaitu :

1. Gangguan yang berasal dari dalam system
2. Gangguan yang berasal dari luar system

Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain disebabkan oleh kesalahan mekanis, kesalahan pemasangan yang dapat mengakibatkan gangguan hubung singkat. Untuk gangguan yang berasal dari luar sistem dapat terjadi karena pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir.

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka dapat dikelompokkan menjadi :

1. Gangguan sementara (*Temporary*)
2. Gangguan permanen (*Stationary*)

Untuk gangguan sementara yaitu apabila suatu gangguan yang terjadi hanya dalam waktu yang singkat kemudian sistem kembali pada keadaan normal. Gangguan permanen adalah gangguan yang dapat dihilangkan setelah lokasi gangguan diisolir dengan mengoperasikan pemutus (*circuit breaker*) untuk memutus area yang mengalami gangguan.

Pada saat terjadi gangguan akan mengalir arus yang sangat besar pada fasa yang terganggu menuju titik gangguan, dimana arus gangguan tersebut mempunyai gangguan yang jauh lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga terjadi kenaikan temperatur yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan.

B. Rele Sebagai Peralatan Pengaman

Rele merupakan bagian dari peralatan sistem tenaga listrik yang digunakan untuk memberikan sinyal kepada *circuit breaker*, supaya dapat memutuskan dan

menghubungkan pelayanan penyaluran pada elemen sistem tenaga listrik. Rele ini akan memberikan sinyal kepada *circuit breaker* untuk memutuskan sistem tenaga listrik jika terjadi gangguan.

Pada dasarnya rele proteksi terdiri dari sebuah elemen operasi dan seperangkat kontak. Elemen operasi menerima masukan arus dari transformator arus ataupun tegangan dari transformator tegangan atau kombinasi dari keduanya.

Keadaan keluaran dari rele adalah menutup (*close*) dan ditahan (*block*). Jika keadaan tertutup maka rele akan memberikan sinyal untuk melakukan proses pembukaan dari *circuit breaker* dimana pada gilirannya akan mengisolasi gangguan dari bagian sistem tenaga listrik lain yang sehat [4].



Gambar 1. Skema Konsep Kerja Rele

C. Rele Arus Lebih [5]

Pada suatu sistem tenaga listrik dibutuhkan suatu rele pengaman yang dapat mengurangi dan mengantisipasi terjadinya suatu gangguan. Salah satu rele pengaman yang dapat digunakan untuk mengamankan sistem dari gangguan hubung singkat adalah rele arus lebih atau lebih dikenal *over current relay*. Rele arus lebih ini akan bekerja bersama CT (*current transformer*). Rele arus lebih ini beroperasi ketika terdapat arus yang mengalir pada rangkaian melebihi batas *setting* yang telah di ijin. Penggunaan rele arus lebih pada sistem kelistrikan industri harus di sesuaikan berdasarkan koordinasi rele yang telah di *setting* dengan benar. Sehingga ketika pada sistem terjadi suatu gangguan rele ini bisa bekerja dengan cepat. Rele arus lebih akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I_f > I_p & \text{ rele bekerja (trip)} \\
 I_f < I_p & \text{ tidak bekerja (block)}
 \end{aligned}$$

Dimana I_p merupakan arus kerja dan I_f merupakan arus gangguan. Rele arus lebih digunakan untuk mengamankan bagian-bagian peralatan dari sistem tenaga listrik, seperti : generator, *utility*, transformator, motor, dsb.

D. Setting Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (Inverse 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* besarnya arus pickup ditentukan dengan pemilihan tap.

Tabel 1. Koefisien Invers Time Dial

Tipe Kurva	Koefisien		
	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

Untuk menentukan besarnya tap yang akan digunakan pada *setting pickup* menggunakan persamaan berikut [4]:

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Primary}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana I_{set} merupakan arus *pickup* dalam ampere.

Untuk mengetahui *setting* rele arus lebih digunakan persamaan berikut :

$$1.05 I_{FLA} < I_{set} < 1.4 I_{FLA} \dots\dots\dots (2.2)$$

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 (2.3) dibawah berikut

$$td = \frac{k \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]} \dots\dots\dots (2.3)$$

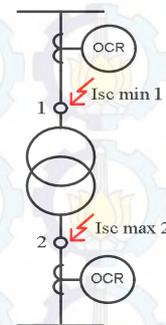
Dimana :

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

E. Setting Rele Arus Lebih Seketika (Instantaneous)

Rele ini akan bekerja seketika jika ada arus lebih yang mengalir melebihi batas yang diijinkan. Untuk menentukan *setting pickup* dari rele arus lebih seketika dengan menggunakan nilai $I_{sc \text{ min}}$ atau nilai arus hubung singkat antar fasa ($I_{hs_{2\phi}}$) pada pembangkitan minimum. Persamaan 2.4 dibawah memperlihatkan *setting* dari rele arus lebih seketika :

$$I_{set} \leq I_{sc \text{ min}} \dots\dots\dots (2.4)$$



Gambar 2. Rele Arus Lebih Pengaman Transformator

Dalam melakukan *setting* rele arus lebih seketika terdapat pertimbangan khusus pada pengaman feeder yang dipisahkan oleh sebuah transformator yang diperlihatkan pada gambar 2. Persamaan yang digunakan dalam menentukan *setting pickup* adalah sebagai berikut [4] :

$$I_{sc \text{ max bus 2}} \leq I_{set} \leq 0.8 \times I_{sc \text{ min bus 1}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana nilai $I_{sc \text{ max bus 2}}$ merupakan nilai arus hubung singkat tiga fasa maksimum ($I_{hs_{3\phi}}$) pada titik 2, sedangkan $I_{sc \text{ min bus 1}}$ merupakan arus hubung singkat minimum pada titik 1. Jika persamaan 2.5 terpenuhi maka *setting time delay* pada rele diatas transformator boleh kembali pada *time delay* 0.1.

F. Rele Arah Arus Lebih (DOCR) [7]

Pada dasarnya prinsip kerja rele arah arus lebih sama dengan rele arus lebih, hanya saja penambahan satu parameter lagi dalam pengoperasiannya, yaitu untuk pengaman arus hubung singkat *line-to-line* dengan *selective tripping* yang dapat diatur berdasarkan arah arus gangguan yang terjadi. Karakteristik dari rele arah ini adalah sebagai berikut :

- a. Memiliki 2 kelompok *setting* arus lebih yang dapat di *setting* untuk arus yang menuju bus dan arus yang meninggalkan bus pada bus yang akan diamankan
- b. *Instantaneous* dan *time delay setting*.
- c. Dapat memilih arah aliran arus gangguan
- d. *Definite time*(DT), IDMT (dipilih diantara 16 standar IDMT *curves*), atau kurva yang dapat di *setting* secara custom

Rele arah arus lebih ini sangat diperlukan untuk pengaman sistem tenaga listrik, terutama pada jaringan distribusi *ring*, *parallel* dan jalur interkoneksi antara beberapa sumber.

Setting rele arah arus lebih (DOCR) tidak jauh berbeda dengan *setting* rele arus lebih (OCR), yang membedakan adalah OCR hanya memiliki satu *setting* pengaman berdasarkan arah arus gangguan yang sama. Sedangkan DOCR dapat mengamankan dengan arah arus yang berlawanan, sehingga memiliki dua buah *setting* OCR [8]

III. SISTEM KELISTRIKAN PT. PETROKIMIA GRESIK

A. Sistem Kelistrikan PT.Petrokimia Gresik

PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam penyedia pupuk untuk pertanian yang berada di daerah Gresik, Jawa Timur. PT Petrokimia Gresik memiliki beberapa pabrik untuk menunjang kegiatan operasionalnya. Saat ini PT. Petrokimia Gresik disuplai oleh beberapa sumber kelistrikan diantaranya : pada pabrik I disuplai *Gas Turbine Generator* (GTG plant-1) 1x33 MW, pabrik II disuplai oleh *grid* PLN 20000MVA_{sc}, pabrik IIIA disuplai menggunakan *Steam Turbine Generator* (STG plant-III) 1x11.5 MW dan 1x8.5 MW serta terdapat satu unit pembangkit *Steam Turbine Generator* (STG UBB Plant) sebesar 1x32 MW, pabrik IIIB disuplai *Steam Turbine Generator* (STG Revamp plant-III) 1x17.5 MW serta satu unit pembangkit *Steam Turbine Generator* (STG Cogen Plant) 1x12.5 MW. Untuk meningkatkan keandalan dan menjaga kontinuitas pelayanan daya listrik semua unit pembangkit dan *grid* PLN terintegrasi pada tegangan 20 kV.

B. Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah kesatuan peralatan yang bekerja menyalurkan tenaga listrik dari sumber ke beban dengan didukung oleh beberapa trafo daya yang menyuplai beban dengan rating tegangan tertentu. Sistem distribusi yang digunakan pada PT. Petrokimia Gresik adalah sistem distribusi radial. Berikut ini adalah data kapasitas trafo di PT. Petrokimia Gresik.

Tabel 2. Data Trafo

No	Trafo	Tegangan (kV)	Kapasitas (MVA)
1	TR-2281 A	11.5/6	25
2	TR-2281 B	11.5/6	25
3	TR PLN	150/20	25
4	TR GI	20/11.5	25
5	TR HVS-2210	20/6	2.5
6	09-TR-101	20/6	5
7	ZIGZAG TR	20/6	3
8	TR 12	20/6	8
9	TR 14	20/6	8
10	TR 13	20/6	16
11	TR 11	20/6	8
12	TR 15	20/6	16
13	32-TR-31.20/6KV	20/6	8
14	TRAFO UBB 6/20	6/20	35
15	T21	6.3/20	20
16	T6	20/6	20
17	EMERG02	20/6	1
18	MAIN01	20/6	8

IV. HASIL SIMULASI DAN ANALISA KOORDINASI PROTEKSI PT. PETROKIMIA GRESIK

A. Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat

Analisis ini dilakukan untuk menentukan *setting* rele arus lebih dan rele arah arus lebih. Untuk perhitungan arus hubung singkat digunakan 2 parameter yaitu hubung singkat maksimum dan hubung singkat minimum. Hubung singkat minimum adalah hubung singkat 2 fasa pada saat 30 *cycle*. . Hubung singkat minimum digunakan sebagai batas *setting* rele arus lebih *instan*. Diharapkan jika terjadi gangguan hubung singkat pada arus gangguan minimum, rele tersebut dapat bekerja dengan *instan* atau sesuai dengan *time delay* yang telah ditentukan. Sedangkan hubung singkat maksimum adalah hubung singkat 3 fasa pada saat 4 *cycle* Hubung singkat maksimum 4 *cycle* digunakan untuk *setting* rele dengan *setting* kelambatan waktu 0.08-0.5s. Hubung singkat maksimum digunakan sebagai batasan arus hubung singkat terbesar yang mungkin terjadi.. Dalam mencari hubung singkat minimum dan maksimum diambil dari arus kontribusi yang menuju ke bus.

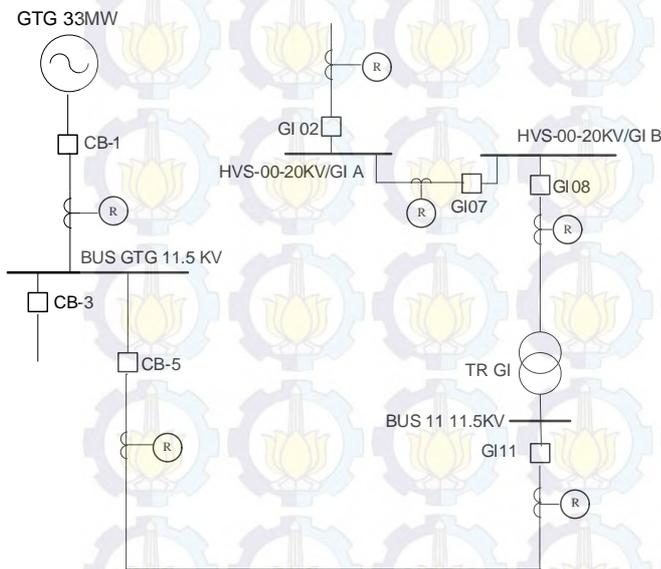
Tabel 3. Data Hubung Singkat Minimum dan Maksimum

No	Arus Kontribusi	Tegangan	Arus Hubung Singkat Minimum	Arus Hubung Singkat Maksimum
1	GII1	20kV	8040	14570
2	GI08	20kV	14810	4340
3	CB-5	20kV	8710	10760
4	CB-1	20kV	12000	10880
5	GI07	20kV	13600	19000
6	GI02	20kV	7760	8890
7	UT09	20kV	10610	14070

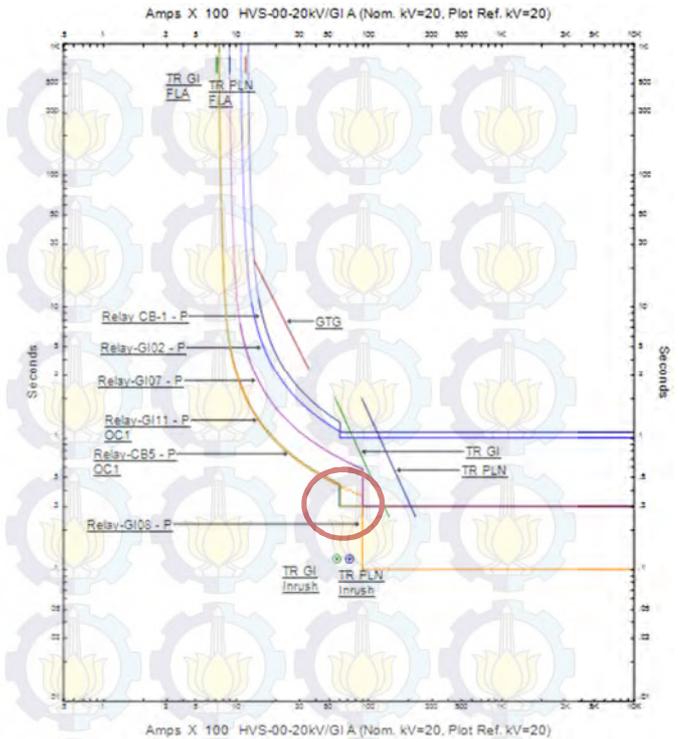
No	Arus Kontribusi	Tegangan	Arus Hubung Singkat Minimum	Arus Hubung Singkat Maksimum
8	GI06	20kV	6010	9980
9	UT8	20kV	1736	883
10	UT13	20kV	1810	957
11	UT10	20kV	5850	9090
12	UT11	20kV	5910	814
13	AO3	20kV	10610	15910
14	A04	20kV	2820	2470
15	A01	6kV	14820	20230
16	HVS6502A	6kV	3970	5370
17	HVS6502B	6kV	5370	7270
18	A02	20kV	16270	2230
19	COUPLER UBB	20kV	14000	20610
20	INC REVAMP	20kV	1220	1730
21	CB1	6 kV	8960	10610
22	CB61	20 kV	22240	1720
23	CB60	6kV	7190	8450
24	CB13	6 kV	9200	10410

B. Koordinasi Proteksi Existing pada Case 1

Untuk koordinasi proteksi pada *existing case 1* dimulai dari GTG hingga HVS-00/20kV. Peralatan pengaman pada *case 1* yaitu rele CB-1, CB-5, GI11, GI 08, GI07 dan GI02. *Case 1* ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Existing Case 1



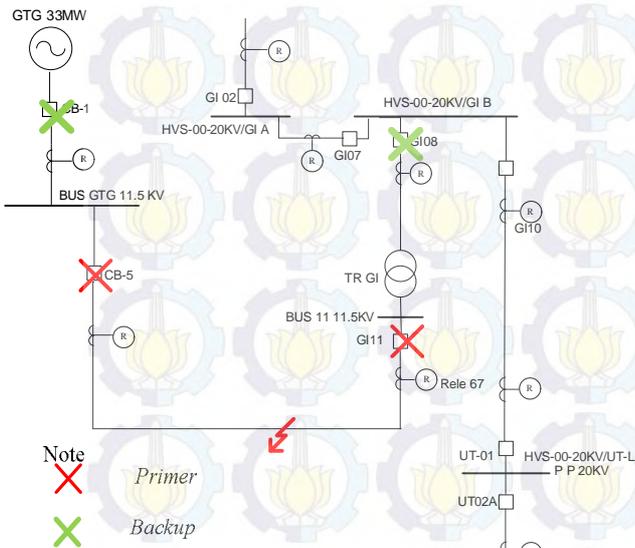
Gambar 4. Hasil Plot Existing Case 1

Hasil plot *existing* rele-rele pengaman pada *case 1* dapat kita lihat bahwa ada koordinasi rele pengaman yang masih harus disempurnakan yang ditunjukkan dengan tanda lingkaran berwarna merah pada gambar 4. Tanda lingkaran berwarna merah tersebut menunjukkan bahwa rele GI11 dan rele CB5 memiliki *setting* waktu yang sama yaitu 0.3 s, sehingga ketika terjadi gangguan hubung singkat, kedua rele tersebut akan *trip* bersamaan. Hal ini tidak boleh terjadi karena akan menyebabkan sistem kestabilan menjadi terganggu. Ketidakstabilan ini karena ada perubahan mendadak akibat adanya gangguan hubung singkat. Akibat perubahan mendadak ini dapat menyebabkan terjadinya lepas sinkron. Oleh karena itu direkomendasikan untuk dilakukan *resetting* sesuai dengan perhitungan berikut.

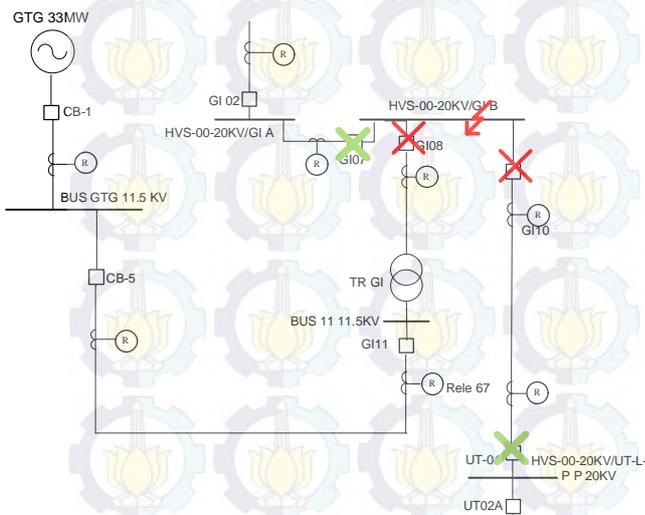
Tabel 4. Hasil Setting Overcurrent Relay dan Directional Overcurrent Relay

Relay ID	Setting			
	Existing		Resetting	
CB-1	Pickup Lowset	0.759	Pickup Lowset	0.759
	Time dial	0.94	Time dial	0.94
	Pickup Highset	3	Pickup Highset	3
	Time delay	1.1	Time delay	1.1
CB-5	Pickup Lowset	0.552	Pickup Lowset	0.552
	Time dial	0.355	Time dial	0.355
	Pickup Highset	2.26	Pickup Highset	2.26
	Time delay	0.3	Time delay	0.3
GI11	Pickup Lowset	1.725	Pickup Lowset	1.725
	Time dial	0.35	Time dial	0.35
	Pickup Highset	7.035	Pickup Highset	7.035
	Time delay	0.3	Time delay	0.1
			Direction	reverse
GI08	Pickup Lowset	0.992	Pickup Lowset	0.992
	Time dial	0.43	Time dial	0.43

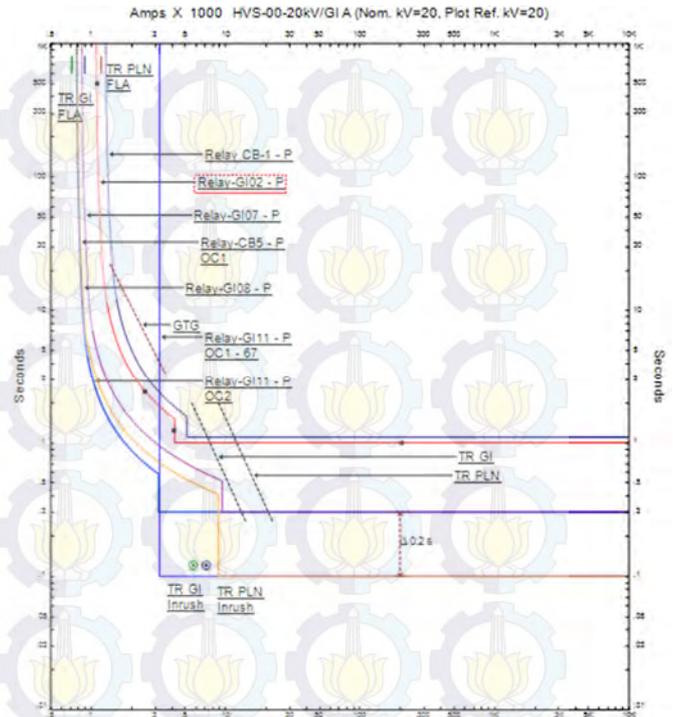
Relay ID	Setting			
	Existing		Resetting	
	Pickup Highset	11.10	Pickup Highset	11.10
Time delay	0.1	Time delay	0.1	
GI07	Pickup Lowset	0.866	Pickup Lowset	0.866
	Time dial	0.54	Time dial	0.54
	Pickup Highset	9.52	Pickup Highset	9.52
	Time delay	0.3	Time delay	0.3
	Pickup Lowset	1.172	Pickup Lowset	1.172
GI02	Time dial	0.877	Time dial	0.877
	Pickup Highset	4.26	Pickup Highset	4.26
	Time delay	1	Time delay	1



Gambar 5. Gangguan Hubung Singkat di Feeder 11.5 kV Bus 11 dan Bus GTG



Gambar 6. Gangguan Hubung Singkat di Feeder 20 kV Bus HVS-00-20KV/ GI B



Gambar 7. Hasil Plot Resetting Case 1

Penjelasan gambar di atas adalah sebagai berikut :

Gambar 7 menunjukkan hasil plot dari setelan rele yang diperoleh pada perhitungan di atas. Gambar 7. tersebut menunjukkan setelan dan koordinasi dari rele CB-1, rele CB-5, rele GI11, rele GI08, rele GI07, dan rele GI02. Pengaturan *low set* dari seluruh rele yang terdapat pada *case 1* ini sesuai dengan *standart BS 142-1983*, yakni dengan batas penyetelan antara 1.05-1.3 FLA.

1. Rele CB-1 berfungsi sebagai pengaman generator GTG terhadap arus lebih beban penuh dan arus hubung singkat. Rele CB-1 ini berfungsi sebagai pengaman utama di bus GTG. Rele CB-1 juga berfungsi sebagai *backup* dari rele CB-5 apabila gagal kerja.
2. Rele CB 5 dan GI 11 berfungsi sebagai pengaman jika gangguan berada di jalur interkoneksi antara GTG dengan GI PLN PT PKG dan bekerja saling *interlock*. Seperti pada sub-bab sebelumnya, *resetting* ini dilakukan bertujuan agar sistem menjadi stabil. Oleh karena itu perlu ditambahkan rele arah arus lebih (DOCR) sebagai pengamannya dengan *setting* waktu yang lebih cepat. Pada gambar 5. rele GI 11 dengan menambahkan rele arah (67) dengan *setting* waktu 0.1 s. Rele GI 11(Rele 67) akan bekerja seketika saat arah aliran menuju titik gangguan (Bus GTG) sedangkan pada gambar 6 rele GI08 berfungsi sebagai pengaman utama jika terjadi gangguan hubung singkat di bus HVS-00-20KV/ GI B dan rele GI 11 ini berfungsi sebagai pengaman belitan trafo sekunder, dan rele arah (67) ini tidak bekerja karena arus gangguan menuju bus HVS-00-20KV/ GI B.
3. Rele GI08 dan GI07 berfungsi sebagai *backup* dari rele CB 5 dan GI 11 apabila gagal kerja. Rele GI08 dan GI07 akan mengamankan gangguan pada sisi 11.5 kV menggunakan *setting lowset* nya. Sedangkan *setting highset* nya pada rele GI08 dan GI07 digunakan untuk

mengamankan gangguan minimum yang terjadi pada TR GI 20 kV.

4. Rele GI 02 berfungsi sebagai pengaman belitan sekunder trafo TR PLN dari kondisi arus lebih beban penuh dan arus hubung singkat. Rele GI02 ini juga berfungsi *backup* dari rele GI08 dan GI07 apabila gagal kerja.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *setting* koordinasi proteksi pada PT. Petrokimia Gresik yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada *setting* rele *existing* memperlihatkan ada beberapa rele yang koordinasinya kurang baik. Dapat diambil contoh pada *case* 1 pada rele CB-5 dan GI11 memiliki *setting* waktu masing-masing 0.3 s. Koordinasi seperti ini kurang baik karena jika terjadi gangguan di salah satu *feeder*, rele CB-5 dan rele GI11 akan *trip* secara bersamaan ketika hal ini terjadi akan membuat kondisi sistem menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan ini karena ada perubahan mendadak akibat adanya gangguan hubung singkat. Akibat perubahan yang mendadak ini dapat menyebabkan terjadinya lepas sinkron
2. *Resetting* koordinasi proteksi ini menambahkan rele arah arus lebih (DOCR) dengan waktu yang lebih cepat. *Resetting* ini bertujuan agar sistem menjadi lebih stabil dan lebih selektif dalam melakukan *trip* pada daerah yang dilindungi. *Resetting* rele arah arus lebih (DOCR) pada sistem ini *disetting* waktu dengan lebih cepat yaitu 0.1 s.
3. Peletakan rele arah arus lebih (DOCR) diletakkan di jalur interkoneksi dengan jalur yang terhubung dengan beberapa beberapa sumber pembangkit.
4. Pada saat kondisi *existing* di bus yang sama dipasang rele arus lebih (OCR) dengan *setting* waktu 0.3 s maka dengan adanya penambahan rele arah arus lebih (DOCR) dengan *setting* waktu 0.1 s. Hal ini dapat meningkatkan keandalan sistem kelistrikan serta kontinuitas suplai daya listrik terpenuhi karena *setting* waktu yang dipercepat menjadi 0.1 s
5. *Grading time* yang digunakan untuk koordinasi dari rele adalah sebesar 0.2 s. hal ini dianggap sesuai karena *grading time* sebesar 0.2 s – 0.4s dapat memberikan waktu yang cukup kepada rele utama untuk selesai memutus gangguan terlebih dahulu. Sehingga kejadian *trip* secara bersamaan antara rele utama dengan rele *backup* pada saat terjadi gangguan hubung singkat dapat dihindari dan koordinasi kerja antar rele dapat berjalan dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, terucap syukur kehadiran Allah atas segala limpahan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul:

Koordinasi Proteksi *Directional Overcurrent Relay* Dengan Mempertimbangkan Gangguan Arah Arus Di Pabrik PT. Petrokimia Gresik

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak berjasa terutama dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Papa, Mama, Mbak Ayu, dan Mas Dwiki yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa.
3. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT dan bapak Ir. Samsjul Anam, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta bimbingan.
4. Seluruh teman - teman LJ 2014 atas kebersamaan dan kerjasamanya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudi, "Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik", Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya
- [2] Penangsang, Ontoseno."Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2", Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya
- [3] John J Grainger, William D Stevenson, " Power System Analysis", New York, 1994
- [4] Lazar, Irwin. "Electrical Systems Analysis and Design for Industrial Plants", McGraw-Hill, Inc, 1980
- [5] P.M. Anderson, "Power Sistem Protection", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 1999.
- [6] IEEE std 242-2001, "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System" The Institute of Electrical and Electronic Engineering, Inc, New York, Ch 15, 2001.
- [7] Hebatallah Mohamed Sharaf, H.H. Zeineldin, Doaa Khalil Ibrahim, Essam El Din Abo El Zahab, "Protection Coordination of Directional Overcurrent Relays Considering Fault Current Direction", IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, October 2014.
- [8] Eko Wahyu Susilo, "Studi Koordinasi Relay Pengaman Pada Sistem Kelistrikan PT. Wilmar Nabati Indonesia Gresik-Jawa Timur", July 2010.

RIWAYAT PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Novie Elok Setiawati. Lahir di Surabaya pada tanggal 22 November 1992. Anak kedua dari pasangan Ir. Sentot Rahardjono dan Lely Indrayati. Mengawali pendidikannya di SDN Manukan Kulon IV/541 Surabaya (lulus tahun 2005), kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 2 Surabaya (lulus tahun 2008).

Setelah lulus dari SMA Negeri 7 Surabaya (lulus tahun 2011), penulis melanjutkan pendidikan di D3 Teknik Elektro ITS (lulus tahun 2014). Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Elektro ITS Bidang Studi Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi di alamat email novie.elok@gmail.com