

Evaluasi Koordinasi Proteksi pada Sistem Kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai Akibat Integrasi dengan Jaringan PT. PLN

Victor Bramsom Pardede dan Margo Pujiantara
Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: margo@ee.its.ac.id

Abstrak—PT. Pertamina RU II Dumai adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan minyak dan gas bumi. Dalam perjalanannya, PT. Pertamina RU II Dumai berencana untuk melakukan integrasi sistem kelistrikan terhadap jaringan PT. PLN untuk memenuhi kebutuhan listriknya. Dengan adanya pengintegrasian ini, keamanan sistem kelistrikan juga harus diperhitungkan. Keamanan pada sistem kelistrikan industri bertujuan untuk mengurangi atau memperkecil kemungkinan kerusakan peralatan akibat adanya gangguan yang dapat terjadi. Proteksi pada sistem kelistrikan dapat diatur dengan menggunakan rele proteksi. Pada praktiknya, kinerja pengamanan juga harus berdasarkan koordinasi yang tepat. Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai evaluasi koordinasi proteksi pada PT. Pertamina RU II Dumai akibat integrasi dengan jaringan PT. PLN. Koordinasi yang akan dievaluasi dalam tugas akhir ini adalah rele arus lebih gangguan fasa dan gangguan tanah. *Setting* yang diperoleh akan disimulasikan pada *software* ETAP 12.6.0.

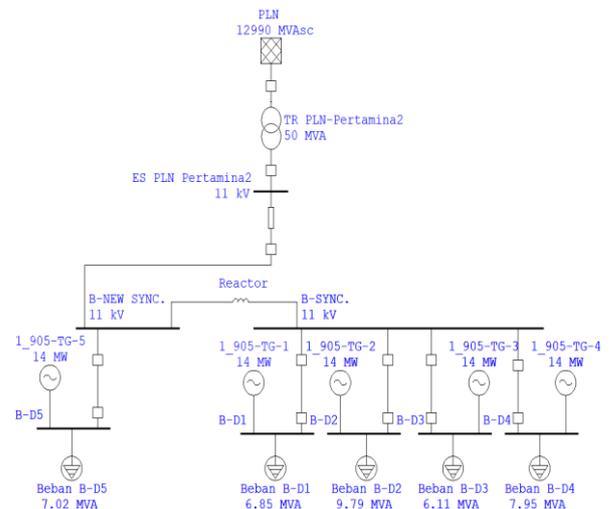
Kata Kunci—Integrasi PLN, Koordinasi Proteksi, Rele Proteksi.

I. PENDAHULUAN

DALAM kegiatan industri, listrik merupakan salah satu faktor yang amat penting. Kualitas sistem kelistrikan suatu industri akan berpengaruh pada kualitas produksi. Salah satu faktor penentu kualitas suatu sistem kelistrikan adalah kontinuitas listrik pada sistem tersebut. Kontinuitas listrik sangat diperlukan agar pemasokan daya ke beban tidak terganggu pada saat terjadi gangguan maupun saat keadaan normal. Salah satu upaya untuk menjaga kontinuitas listrik adalah dengan menggunakan koordinasi proteksi yang baik.

Sistem proteksi harus bekerja secara cepat dan akurat untuk mengisolasi gangguan, selektif dalam mengisolasi gangguan, memiliki tingkat keandalan yang tinggi, serta memiliki sensitivitas yang baik sehingga peralatan proteksi dapat mendeteksi terjadinya gangguan dengan nilai sekecil mungkin [1]. Proteksi pada sistem kelistrikan dapat diatur dengan menggunakan rele proteksi. Parameter yang dapat diatur pada rele antara lain arus *pickup*, *time delay* dan *time dial*. Pengaturan ini kemudian akan menentukan apakah suatu sistem proteksi sudah bekerja dan terkoordinasi dengan baik atau belum.

PT. Pertamina RU II Dumai merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan minyak dan gas bumi yang dikelola oleh negara. Untuk memenuhi kebutuhan listrik, PT. Pertamina RU II Dumai berencana untuk mengalihkan sebagian beban untuk disupply oleh PT. PLN Persero. Dengan pengalihan ini, sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai akan terintegrasi dengan jaringan PT. PLN. Hal ini kemudian berdampak pada koordinasi proteksi pada PT.



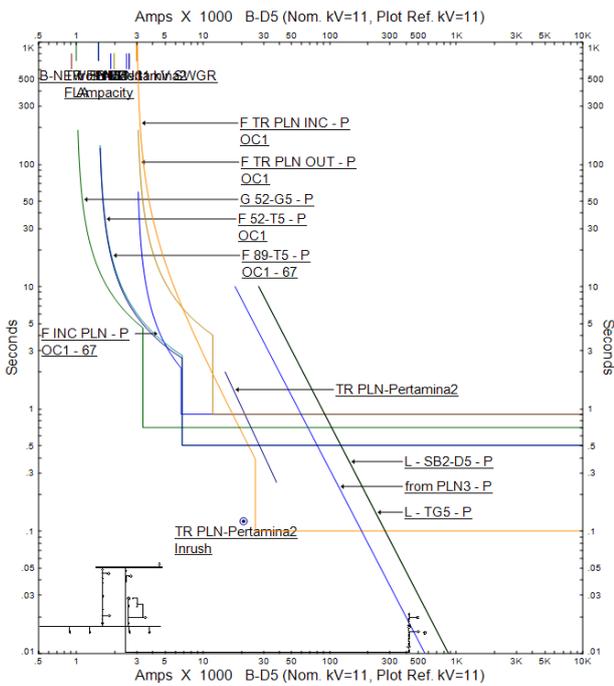
Gambar 1. Sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai setelah integrasi dengan jaringan PT. PLN.

Pertamina RU Dumai. Dengan pengalihan beban, koordinasi proteksi perlu dievaluasi kembali. Tugas akhir ini akan membahas mengenai evaluasi koordinasi proteksi pada PT. Pertamina RU II Dumai akibat integrasi dengan jaringan PT. PLN.

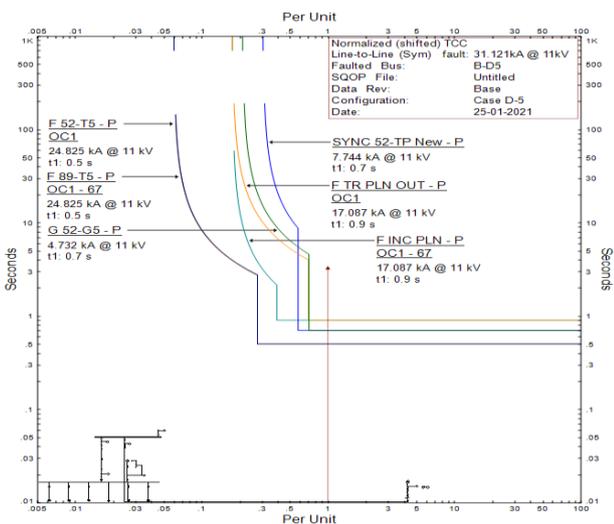
II. PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

A. Gangguan pada Sistem Kelistrikan

Gangguan pada system kelistrikan adalah sebuah keadaan tidak normal yang terjadi dalam sebuah system kelistrikan yang mengakibatkan system tidak bekerja dalam keadaan yang seharusnya. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat diklasifikasikan kedalam dua jenis yaitu gangguan permanen dan gangguan temporer. Gangguan permanen merupakan jenis gangguan yang dapat merusak peralatan pada sistem. Gangguan permanen dapat disebabkan oleh besarnya arus yang mengalir dalam rentang waktu yang singkat yang kemudian mengakibatkan kenaikan suhu. Kenaikan suhu ini memungkinkan untuk terjadi ledakan atau pelelehan peralatan. Gangguan temporer merupakan jenis gangguan yang masih dapat diatasi dengan mengisolasi peralatan yang terkena gangguan dari sistem sehingga jenis gangguan ini dapat dikatakan sebagai gangguan sementara. Gangguan temporer merupakan jenis gangguan yang lebih sering terjadi dibandingkan dengan gangguan permanen. Gangguan temporer dapat diatasi dengan mengisolasi bagian yang mengalami gangguan sehingga perlu adanya sistem koordinasi proteksi yang baik untuk mengatasinya[2]. Salah



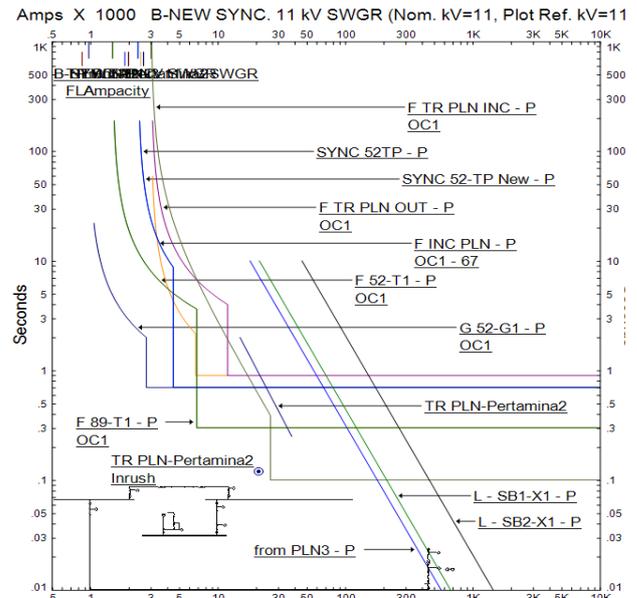
Gambar 2. Plot time current characteristic Tipikal 1.



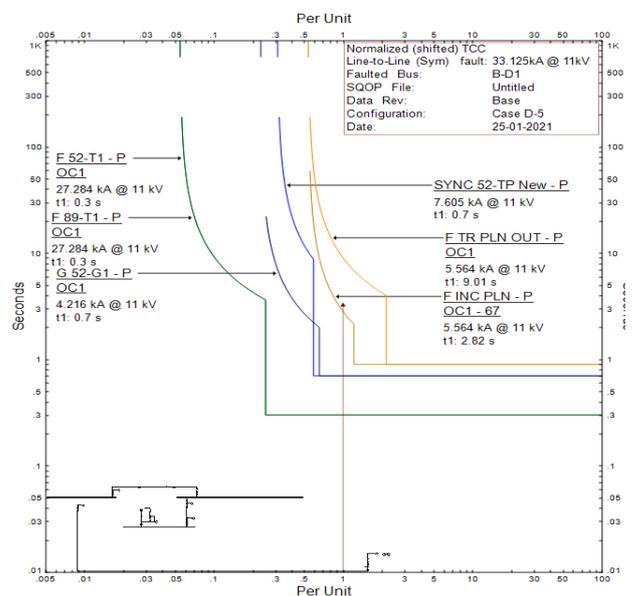
Gambar 3. Plot time current characteristic Tipikal 1 saat terjadi gangguan pada Bus B_D5.

satu gangguan yang sering terjadi pada sistem kelistrikan adalah gangguan arus lebih. Gangguan arus lebih dapat disebabkan oleh dua hal yaitu akibat beban lebih dan akibat hubung singkat.

1. Gangguan beban lebih merupakan jenis gangguan ketika arus yang mengalir pada peralatan melebihi arus nominal yang diizinkan. Akibat adanya aliran arus yang melebihi kapasitas peralatan listrik, kenaikan suhu mungkin terjadi. Apabila dibiarkan, dapat menyebabkan panas berlebih pada peralatan tersebut yang berdampak pada kerusakan peralatan.
2. Gangguan hubung singkat pada system tenaga listrik terjadi ketika satu atau lebih penghantar terhubung dengan penghantar lain atau dengan ground. Gangguan hubung singkat dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti kerusakan isolasi peralatan akibat tegangan berlebih, kontaminasi pada isolasi yang dapat merusak isolasi ataupun gangguan mekanik yang dapat terjadi pada sistem. Saat gangguan ini terjadi, tegangan di



Gambar 4. Plot time current characteristic Tipikal 2.



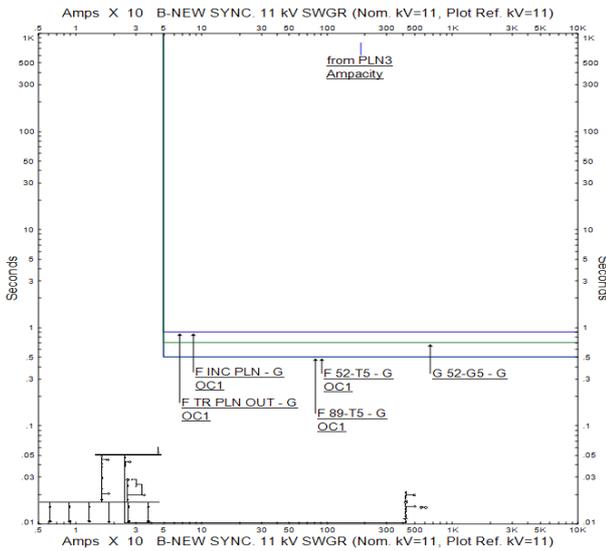
Gambar 5. Plot time current characteristic Tipikal 2 saat terjadi gangguan pada Bus B_D1.

antarpenghantar akan turun mendekati atau sampai 0 V (nol Volt). Akibatnya, nilai arus yang mengalir pada sistem menjadi sangat besar ke arah titik gangguan sehingga membahayakan peralatan. Nilai arus saat terjadi gangguan hubung singkat ditentukan oleh nilai tegangan internal dari mesin sinkron dan nilai impedansi peralatan pada sistem[3]. Gangguan hubung singkat dapat diklasifikasikan kedalam dua jenis yaitu gangguan hubung singkat simetri (L-L-L dan L-L-L-G) dan tidak simetri (L-G, L-L-G, dan L-L).

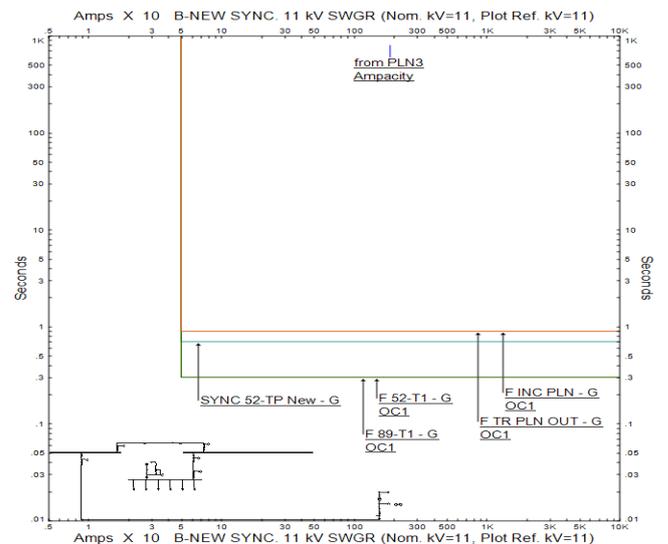
B. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus hubung singkat harus dilakukan untuk dapat menghitung setting koordinasi proteksi. Berikut dipaparkan rumus-rumus perhitungan arus hubung singkat berdasarkan jenis hubung singkatnya seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya[4].

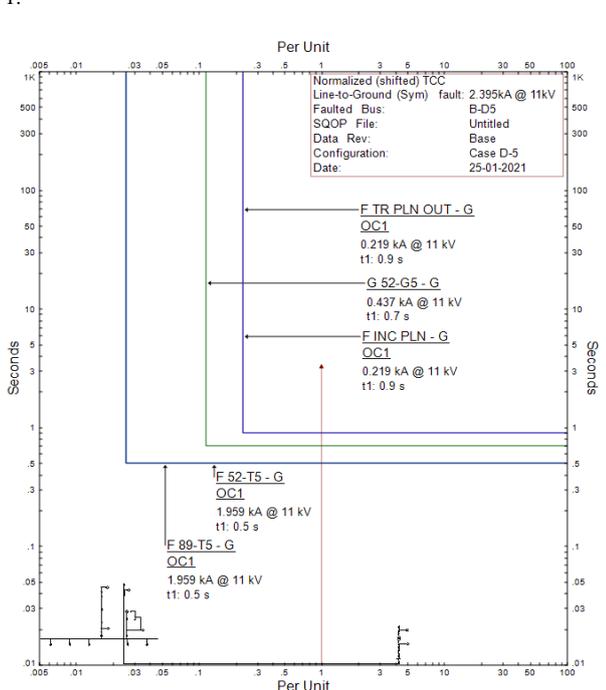
1. Hubung singkat tiga fasa berpengaruh pada ketiga fasanya. Nilai arus hubung singkat tiga fasa sangat besar



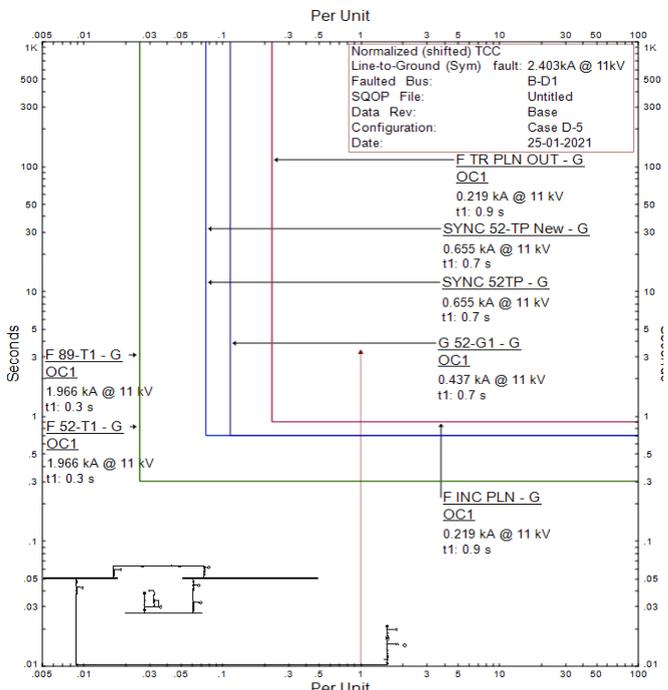
Gambar 6. Plot time current characteristic rele gangguan tanah Tipikal 1.



Gambar 8. Plot time current characteristic Rele Gangguan Tanah Tipikal 2.



Gambar 7. Plot time current characteristic rele gangguan tanah tipikal 1 ketika terjadi gangguan pada Bus B_D5.



Gambar 9. Plot time current characteristic rele gangguan tanah tipikal 2 ketika terjadi gangguan pada Bus B_D1.

sehingga dapat dikatakan sebagai nilai hubung singkat maksimum.

$$I_{sc3ph} = \frac{V_{LN}}{X_1} \quad (1)$$

2. Hubung singkat fasa ke fasa merupakan hubung singkat ketika terdapat dua fasa yang saling terhubung. Pada perhitungan arus hubung singkat fasa ke fasa menggunakan impedansi urutan positif dan urutan negatif.

$$I_{sc2ph} = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2} \quad (2)$$

3. Hubung singkat fasa ke tanah merupakan hubung singkat ketika salah satu fasa terhubung ke tanah.

$$I_{sc1ph} = \frac{3V_{LN}}{X_1 + X_2 + X_0 + 3Z_G} \quad (3)$$

C. Rele Proteksi

Rele Proteksi merupakan alat yang dapat menerima input (berupa nilai listrik, mekanis atau termal) dan setelah nilai input dibandingkan dengan kondisi yang telah ditetapkan dapat menyebabkan kontak pemutus dari *circuit breaker* dapat beroperasi sehingga dapat mempengaruhi sistem kelistrikan[5]. Untuk dapat bekerja dengan mengukur arus masukan, sebuah rele proteksi listrik dipasang trafo arus atau *current transformer* yang dalam hal ini berfungsi untuk pengukuran arus serta trafo tegangan atau *potential transformer* untuk pengukuran tegangan. Salah satu jenis rele proteksi adalah rele proteksi arus lebih. Rele proteksi arus lebih merupakan rele yang dapat bekerja ketika nilai arus yang terbaca oleh rele telah melewati nilai arus yang diatur pada rele. Rele proteksi arus lebih dapat berupa rele dengan waktu *inverse* dan rele dengan waktu tertentu [1]. Rele arus lebih waktu inverse

Tabel 1.
Rangkuman *Setting* Rele Arus Lebih Tipikal 1 di PT. Pertamina RU II Dumai

ID Rele	Model	Rasio	Setting Rele						
			Kode ANSI	Parameter	Setting				
G 52-G5	GE Multilin G60	1200/5	51	Jenis Kurva	IEC – SI				
				Pickup	0.834				
				Iset	1000 A				
				Time Dial	0.8 s				
			50	Pickup	2.8				
				Iset	3360 A				
		400/5	51G	Jenis Kurva	DT				
				Pickup	0.125				
				Iset	50				
				Time Delay	0.7				
				F 52-T5	GE Multilin F60	1250/5	51	Jenis Kurva	IEC – SI
								Pickup	1.2
Iset	1500 A								
Time Dial	0.57 s								
50	Pickup	5.5							
	Iset	6875 A							
400/5	51G	Jenis Kurva	DT						
		Pickup	0.125						
		Iset	50						
		Time Delay	0.5						
		F 89-T5	GE Multilin F60			1250/5	51	Jenis Kurva	IEC – SI
								Pickup	1.2
Iset	1500 A								
Time Dial	0.6 s								
50	Pickup			5.5					
	Iset			6875 A					
400/5	51G			Jenis Kurva	DT				
				Pickup	0.125				
				Iset	50				
				Time Delay	0.5				
				F INC PLN	GE Multilin F60	2500/5	51	Jenis Kurva	IEC – SI
								Pickup	1.2
Iset	3000 A								
Time Dial	0.25 s								
50	Pickup	2.7							
	Iset	6750 A							
400/5	51G	Jenis Kurva	DT						
		Pickup	0.125						
		Iset	50						
		Time Delay	0.9						
		F TR PLN OUT	GE Multilin F60			3000/5	51	Jenis Kurva	IEC – SI
								Pickup	1
Iset	3000 A								
Time Dial	0.8 s								
50	Pickup			4					
	Iset			12000 A					
200/5	51G			Jenis Kurva	DT				
				Pickup	0.25				
				Iset	50				
				Time Delay	0.9				
				F TR PLN INC	GE Multilin F60	200/5	51	Jenis Kurva	IEC – EI
								Pickup	1.1
Iset	220 A								
Time Dial	0.29 s								
50	Pickup	9.55							
	Iset	1910 A							
Time Delay		0.1							

memiliki karakteristik yakni semakin besar nilai arus maka semakin cepat waktu operasi dari rele. Pada rele arus lebih waktu inverse terdapat beberapa jenis kurva yaitu *long time inverse*, *standard inverse*, *short time inverse*, *very inverse* dan *extremely inverse*. Parameter yang diatur adalah jenis kurva, arus *pickup*, dan *time dial*. Karakteristik dari rele arus lebih waktu tertentu adalah rele dapat bekerja sesuai dengan waktu

yang telah ditentukan berapapun nilai arusnya. Parameter yang harus diatur adalah arus *pickup* dan *time delay*.

D. Koordinasi Proteksi

Rele dikatakan memiliki keandalan yang baik ketika rele tersebut memiliki *backup*. Saat rele utama gagal berfungsi maka masih ada rele yang berfungsi sebagai *backup*. Jarak

Tabel 2.
Rangkuman *Setting* Rele Arus Lebih Tipikal 2 di PT. Pertamina RU II Dumai

ID Rele	Model	Rasio	Setting Rele		
			Kode ANSI	Parameter	Setting
G 52-G1	GE Multilin G60	1200/5	51	Jenis Kurva	IEC – SI
				Pickup	0.65
				Iset	975 A
				Time Dial	0.3 s
			50	Pickup	1.84
				Iset	2760 A
		400/5	51G	Jenis Kurva	DT
				Pickup	0.125
				Iset	50
			51	Pickup	1.2
				Iset	1500 A
				Time Dial	0.8 s
F 52-T1	GE Multilin F60	1250/5	51	Pickup	5.5
				Iset	6875 A
				Time Delay	0.3
				Jenis Kurva	DT
			50	Pickup	0.125
				Iset	50
		400/5	51G	Jenis Kurva	DT
				Pickup	0.125
				Iset	50
			51	Pickup	1.2
				Iset	1500 A
				Time Dial	0.8 s
F 89-T1	GE Multilin F60	1250/5	51	Pickup	5.5
				Iset	6875 A
				Time Delay	0.3
				Jenis Kurva	DT
			50	Pickup	0.125
				Iset	50
		400/5	51G	Jenis Kurva	DT
				Pickup	0.125
				Iset	50
			51	Pickup	1.9
				Iset	2375 A
				Time Dial	0.8 s
SYNC 52TP	GE Multilin F60	2500/5	51	Pickup	3.6
				Iset	4500 A
				Time Delay	0.7
				Jenis Kurva	DT
			50	Pickup	0.125
				Iset	50
		400/5	51G	Jenis Kurva	DT
				Pickup	0.125
				Iset	50
			51	Pickup	1.9
				Iset	2375 A
				Time Dial	0.8 s
SYNC 52TP New	GE Multilin F60	3000/5	51	Pickup	3.6
				Iset	4500 A
				Time Delay	0.7
				Jenis Kurva	DT
			50	Pickup	0.125
				Iset	50
		200/5	51G	Jenis Kurva	DT
				Pickup	0.125
				Iset	50
			51	Pickup	1.9
				Iset	2375 A
				Time Dial	0.8 s
F INC PLN	Data terdapat pada Tabel 4.4				
F TR PLN OUT					
F TR PLN INC					

waktu antara rele utama dengan rele *backup* perlu mempertimbangkan *Coordination Time Interval* (CTI). Sebagai pertimbangan dalam koordinasi rele proteksi arus

lebih pada *feeder* yang dipisahkan oleh transformator, nilai arus hubung singkat pada *bus* di sisi primer dan sisi sekunder perlu diperhatikan.

III. SISTEM KELISTRIKAN PT. PERTAMINA RU II DUMAI

A. Sistem Kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai

Terdapat lima area utama pada system kelistrikan *existing* (sebelum integrasi dengan PLN) yang masing-masing terhubung dengan sumber listrik berupa *steam turbine generator* yang dalam sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai kemudian disebut dengan TG. Empat generator yakni 1_905-TG-1, 1_905-TG-2, 1_905-TG-3, dan 1_905-TG-4 bekerja secara paralel pada bus B-SYNC. Satu generator yakni 1_905-TG-5 bekerja pada bus B-NEW SYNC. Bus B-SYNC terhubung dengan bus B-NEW SYNC melalui sebuah reactor. Pada masing-masing area juga terdapat beban dengan kapasitas yang berbeda.

Integrasi sistem kelistrikan *existing* dengan jaringan PT. PLN berdampak pada terjadinya perubahan konfigurasi sistem kelistrikan. Jaringan PT. PLN berupa system transmisi dengan tegangan 150 kV yang melalui sebuah trafo *step-down* diturunkan menjadi 11 kV. Pengintegrasian dilakukan dengan menghubungkan jaringan PT. PLN pada bus B-NEW SYNC. Pengkonversian tegangan dari tegangan 150 kV menjadi 11 kV dilakukan agar jaringan PT. PLN dapat melakukan sinkron dengan system kelistrikan *existing*. Perubahan konfigurasi sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai ini mengakibatkan perlunya evaluasi koordinasi rele proteksi. Sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai setelah integrasi dengan jaringan PT. PLN dapat dilihat pada Gambar 1.

B. Sistem Proteksi di PT. Pertamina RU II Dumai

Untuk melindungi system kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai dari arus lebih gangguan dibutuhkan sistem proteksi. Kontinuitas listrik berjalan dengan optimal. Untuk itu, digunakan rele pengaman arus lebih dan juga rele differensial. Jenis rele proteksi yang digunakan berbeda-beda sehingga terdapat perbedaan nilai, konstanta maupun jenis kurva yang tersedia pada masing-masing rele. Terdapat lima jenis rele proteksi yang digunakan dalam sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, yakni GE Multilin F60, GE Multilin G60, GE Multilin T60, Square D Sepam Series 80, dan Siemens 7UM62.

IV. HASIL SIMULASI DAN SETTING RELE PROTEKSI PADA PT. PERTAMINA RU II DUMAI

A. Pemilihan Tipikal Koordinasi pada PT. Pertamina RU II Dumai

Pemilihan tipikal koordinasi dilakukan untuk mempermudah evaluasi koordinasi proteksi di PT. Pertamina RU II Dumai. Tipikal koordinasi yang dipilih pada rele arus lebih gangguan fasa meliputi tipikal yang mewakili beban listrik hingga sumber listrik, sedangkan tipikal koordinasi yang dipilih pada rele arus lebih gangguan tanah mengacu pada peralatan yang memiliki NGR. PT. Pertamina RU II Dumai pada setiap bus utamanya terdapat masing-masing satu generator. Setiap generator memiliki NGR 400 A. Dalam sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai juga terdapat sebuah trafo dari PLN yakni TR PLN Pertamina2 yang memiliki NGR 200 A.

B. Data Arus Gangguan Hubung Singkat

Data arus gangguan hubung singkat diperlukan dalam penentuan *setting* rele proteksi arus lebih. Data arus gangguan hubung singkat yang diperlukan meliputi data arus hubung singkat maksimum dan arus hubung singkat minimum. Arus hubung singkat maksimum merupakan arus hubung singkat 3 fasa 30 *cycle* atau 4 *cycle* sedangkan arus hubung singkat minimum merupakan arus hubung singkat antar fasa (*line to line*) 30 *cycle*.

Arus hubung singkat maksimum merupakan arus hubung singkat 3 fasa yang digunakan dalam perhitungan *time dial* kurva rele arus lebih waktu *inverse*. Arus hubung singkat maksimum pada PT. Pertamina RU II Dumai merupakan arus hubung singkat maksimum pada saat 5 generator bekerja saat sistem terhubung dengan jaringan PT. PLN. Arus hubung singkat maksimum 4 *cycle* digunakan sebagai data untuk perhitungan *setting* rele yang beroperasi kurang dari 0.1 detik. Arus hubung singkat maksimum 30 *cycle* digunakan sebagai data untuk perhitungan *setting* rele yang beroperasi lebih dari 0.1 detik.

Arus hubung singkat minimum merupakan arus hubung singkat *line to line* dalam keadaan *steady state* (30 *cycle*) pada kondisi pembangkitan minimum. Kondisi pembangkitan minimum pada PT. Pertamina RU II Dumai merupakan kondisi sistem kelistrikan dengan 3 generator aktif setelah terintegrasi PLN. Nilai arus hubung singkat minimum ini digunakan untuk *setting pickup* kurva rele arus lebih waktu instan sehingga rele dapat bekerja sesuai dengan *time delay* pada kurva instan.

C. Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa

Koordinasi rele arus lebih gangguan fasa merupakan koordinasi rele saat terjadi gangguan arus lebih berupa gangguan beban lebih ataupun gangguan hubung singkat. Parameter yang perlu diatur pada *setting* rele arus lebih yaitu *time overcurrent pickup*, *time dial*, *instantaneous overcurrent pickup* dan *time delay*. Karena terdapat dua tipikal dalam sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai, koordinasi akan dilakukan berdasarkan tipikal tersebut. Koordinasi proteksi rele arus lebih gangguan fasa (50/51) tipikal 1 merupakan koordinasi proteksi yang meliputi rele F 52-T5, F 89-T5, G 52-T5, F SYNC 52-TP New, F TR INC PLN, F TR PLN OUT, dan F TR PLN INC. Hasil *plot time current characteristic* untuk tipikal 1 ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Koordinasi proteksi rele arus lebih gangguan fasa (50/51) tipikal 1 merupakan koordinasi proteksi yang meliputi rele F 52-T5, F 89-T5, G 52-T5, F SYNC 52TP, F SYNC 52-TP New, F TR INC PLN, F TR PLN OUT, dan F TR PLN INC. Hasil *plot time current characteristic* untuk tipikal 2 ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

D. Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah

Saat terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, *setting* rele akan diatur dengan mempertimbangkan sistem pentanahan pada tiap level tegangan. Dalam sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai terdapat 2 nilai NGR yang berbeda yakni NGR Transformer PLN Pertamina 200 A (TR PLN-Pertamina2) dan NGR generator pada bus utama 400A. Parameter yang harus diatur adalah *overcurrent pickup* dan *time delay*.

Tipikal koordinasi rele arus lebih gangguan tanah pada sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai sama dengan tipikal koordinasi rele arus lebih gangguan fasa. Gambar hasil simulasi koordinasi rele arus lebih gangguan tanah pada tipikal 1 dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Gambar hasil simulasi koordinasi rele arus lebih gangguan tanah pada tipikal 2 dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.

E. Rangkuman Setting Koordinasi Rele Arus Lebih

Rangkuman *setting* koordinasi rele arus lebih akan dipaparkan dalam bentuk data Tabel 1. Rangkuman *Setting* Rele Arus Lebih Tipikal 2 di PT. Pertamina RU II Dumai. Dapat dilihat pada Tabel 2.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil *setting* evaluasi koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai dengan mempertimbangkan integrasi dengan jaringan PT. PLN, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut; (1) Pada koordinasi proteksi tipikal 1 gangguan fasa, rele F 52-T5 akan bekerja dalam waktu 0.5 detik sebagai pengaman utama bus B_D5 ketika terjadi gangguan pada sisi bus tersebut. Rele F 89-T5 bekerja dalam waktu yang sama sebagai *backup* dari rele di bawahnya untuk melakukan *islanding* agar gangguan tidak berlanjut ke arah Bus B-NEW SYNC dan seterusnya; (2) Pada koordinasi proteksi tipikal 1 gangguan fasa, rele F 52-T1 akan bekerja dalam waktu 0.3 detik sebagai pengaman utama bus B_D1 ketika terjadi gangguan pada sisi bus tersebut. Rele F 89-T1 bekerja dalam waktu yang sama sebagai *backup* dari rele di bawahnya untuk melakukan *islanding* agar gangguan tidak berlanjut ke arah Bus B-SYNC dan seterusnya; (3) Pada koordinasi proteksi tipikal 1

gangguan tanah, rele feeder akan mendeteksi arus NGR sebesar 200 A dan rele G 52-G5 sebagai pengaman generator 1_905-TG-5 akan mendeteksi arus NGR sebesar 400 A. Rele F 52-T5 akan bekerja dalam waktu 0.5 detik. Rele F-89-T5 akan bekerja dalam waktu 0.5 detik jika rele di bawahnya mengalami gagal kerja untuk melakukan *islanding* sehingga gangguan tidak berlanjut ke Bus B-SYNC New; (4) Pada koordinasi proteksi tipikal 2 gangguan tanah, rele feeder akan mendeteksi arus NGR sebesar 200 A dan rele G 52-G1 sebagai pengaman generator 1_905-TG-1 akan mendeteksi arus NGR sebesar 400 A. Rele F 52-T1 akan bekerja dalam waktu 0.3 detik. Rele F-89-T1 akan bekerja dalam waktu 0.3 detik jika rele di bawahnya mengalami gagal kerja untuk melakukan *islanding* sehingga gangguan tidak berlanjut ke Bus B-SYNC.

B. Saran

Dari hasil evaluasi analisis koordinasi proteksi di PT. Pertamina RU II Dumai yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan sebagai berikut; (1) Hasil *setting* koordinasi proteksi tugas akhir ini dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan *setting* rele pada sistem kelistrikan PT. Pertamina RU II Dumai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. M. Anderson, "Power System Protection". New York: IEEE Press, 1999.
- [2] T. Gonen, "Modern Power System Analysis", 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.
- [3] J. D. Glover, M. S. Sarma, and T. J. Overbye, "Power System Analysis and Design", 5th ed. Stamford: Cengage Learning, 2012.
- [4] B. D. Metz-Noblat, F. Dumas, and G. Thomasset, "Cahier Technique no. 158 Calculation of Short-Circuit Currents." Cahier Technique Schneider Electric no. 158 / p.2, 2000.
- [5] J. L. Blackburn and T. J. Domin, "Protective Relaying: Principles and Applications", 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.