

Evaluasi Koordinasi Proteksi pada Sistem Kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan dengan Mempertimbangkan Integrasi PLN

¹Margo Pujiantara, ²Ngurah Adi Brahmantia Putra, ³Soedibyo

^{1,2,3}Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya
¹margo@ee.its.ac.id, ²ngurah.adi15@mhs.ee.its.ac.id, ³soedieb@ee.its.ac.id

Abstrak - PT. Pertamina RU V Balikpapan sebagai perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan minyak dan gas bumi membutuhkan koordinasi proteksi sistem kelistrikan yang efektif dan selektif. Untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan, PT. Pertamina RU V Balikpapan bekerja sama dengan PLN untuk memenuhi kebutuhan listrik. Adanya integrasi sistem kelistrikan dengan PLN mengakibatkan koordinasi proteksi pada PT. Pertamina RU V Balikpapan perlu dievaluasi kembali. Pada tugas akhir ini, koordinasi proteksi yang dievaluasi yaitu rele arus lebih untuk gangguan fasa dan untuk gangguan ke tanah serta rele diferensial sebagai pengaman ring bus dan pengaman transformator. Evaluasi setting koordinasi proteksi pada PT. Pertamina RU V Balikpapan ini perlu memperhatikan nilai arus dan waktu dalam keadaan normal maupun dalam keadaan gangguan kelistrikan. Pada tugas akhir ini dilakukan evaluasi setting koordinasi proteksi, di sisi kelistrikan beban, sisi ring bus dan sisi kelistrikan penambahan PLN. Hasil koordinasi proteksi ini dapat melindungi peralatan dari gangguan arus lebih yang berupa arus beban lebih dan arus hubung singkat. Selain itu, hasil koordinasi proteksi pada tugas akhir ini dapat melindungi peralatan utama seperti motor, transformator dan generator.

Kata Kunci: Koordinasi Proteksi, Integrasi PLN, Rele Proteksi

Abstract - PT. Pertamina RU V Balikpapan as a company engaged in the processing of oil and gas requires effective and selective electrical system protection coordination. To improve the reliability of electrical system, PT. Pertamina RU V Balikpapan works with PLN to meet electricity needs. The integration of the electrical system with PLN resulted in coordination of protection at PT. Pertamina RU V Balikpapan needs to be re-evaluated. In this final project, protection coordination of overcurrent relay for phase fault, overcurrent relay for ground fault and differential relay as bus ring safety and transformer safety need to be evaluated. Evaluation of protection coordination settings at PT. Pertamina RU V Balikpapan need to consider the current and time values under normal conditions and in a state of electrical fault. In this final project, an evaluation of the protection coordination setting is carried out, on the side of the electrical load, the ring bus side and the electrical side of the integration of PLN. The results of this protection coordination can protect equipment from overcurrent fault in the form of overload currents and short circuit currents. In addition, the results of coordination of

protection on this final project can protect the main equipment such as motor, transformer and generator.

Keywords: Protection Coordination, PLN Integration, Protection Relay

I. PENDAHULUAN

Secara umum, kualitas produksi pada suatu industri bergantung pada kualitas sistem kelistrikannya. Sistem kelistrikan pada industri dikatakan memiliki kualitas yang baik ketika kontinuitas listriknnya terjaga dengan baik. Kontinuitas listrik dapat dijaga dengan meminimalkan lama waktu terjadinya gangguan yang dapat menginterupsi sistem kelistrikan.

Proteksi sistem tenaga listrik yang terkoordinasi dengan baik dapat membatasi lama waktu terjadinya gangguan. Gangguan sistem kelistrikan dapat diakibatkan oleh kerusakan peralatan, kesalahan pengoperasian ataupun gangguan dari luar sistem[1]. Sistem proteksi harus bekerja secara cepat dan akurat untuk mengisolasi gangguan. Selain itu, sistem proteksi juga harus selektif dalam mengisolasi gangguan, memiliki tingkat keandalan yang tinggi, dan memiliki sensitivitas yang baik sehingga peralatan proteksi dapat mendeteksi terjadinya gangguan dengan nilai sekecil mungkin[2]. Salah satu rele yang digunakan pada sistem proteksi adalah rele arus lebih dan rele diferensial. Parameter yang dapat diatur pada rele arus lebih antara lain arus pickup, time delay dan time dial. Sedangkan parameter yang dapat diatur pada rele diferensial yaitu arus diferensial dan slope. Nilai arus ketika terjadi gangguan maupun saat kondisi normal perlu dipertimbangkan dalam pengaturan parameter tersebut.

Sebagai salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan minyak dan gas bumi, PT. Pertamina RU V Balikpapan juga memerlukan sistem proteksi kelistrikan yang baik. Pada kondisi terkini, PT. Pertamina RU V Balikpapan berusaha untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan dengan menjalin kerja sama dengan PLN sebagai penyedia kebutuhan listrik. Integrasi sistem kelistrikan dengan PLN tersebut harus diikuti dengan evaluasi sistem proteksi untuk

mengantisipasi terjadinya kegagalan pada sistem kelistrikan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dibahas mengenai evaluasi koordinasi proteksi sistem kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan dengan mempertimbangkan integrasi PLN.

II. PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

A. Gangguan pada Sistem Kelistrikan

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 sehingga dapat merusak peralatan dan bahkan dapat memicu ledakan. 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 sehingga perlu adanya sistem koordinasi proteksi yang baik untuk mengatasinya[3]. Salah 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.

B. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Sebelum melakukan perhitungan setting koordinasi proteksi, perlu dilakukan perhitungan arus hubung singkat terlebih dahulu. Perhitungan arus hubung singkat dapat menggunakan rumus pada subbab berikut[5].

1) Hubung singkat tiga fasa berpengaruh pada ketiga fasanya. Nilai arus hubung singkat tiga fasa sangat besar sehingga dapat dikatakan sebagai nilai hubung singkat maksimum.

$$I_{SC_{3ph}} = \frac{V_{LN}}{X_1} \quad (1)$$

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.

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

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

$$I_{SC_{1ph}} = \frac{3V_{LN}}{x_1 + x_2 + x_0 + 3Z_G} \quad (3)$$

C. Rele Proteksi

Rele Proteksi merupakan alat yang dapat menerima input (berupa nilai elektrik, 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[6]. Pada rele dengan input elektrik diperlukan alat tambahan yang berfungsi sebagai alat pengukurannya. Alat ukur tersebut yaitu current transformer sebagai alat ukur arus dan potential transformer sebagai alat ukur tegangan. Salah satu jenis rele proteksi adalah rele proteksi arus lebih dan rele proteksi diferensial.

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[2].

Rele diferensial merupakan rele yang memanfaatkan perbandingan arus yang masuk ke rele. Rele diferensial dapat digunakan sebagai pelindung peralatan seperti generator, bus, transformator dan saluran. Rele diferensial akan memerintahkan circuit breaker untuk trip ketika terjadi gangguan di dalam daerah proteksi rele (gangguan internal). Daerah proteksi rele diferensial dibatasi oleh CT yang digunakan sebagai input rele. Pada kondisi normal atau saat terjadi gangguan di luar daerah proteksi rele (gangguan eksternal), rele diferensial tidak akan bekerja dikarenakan penjumlahan arus yang masuk ke rele akan sama dengan nol.

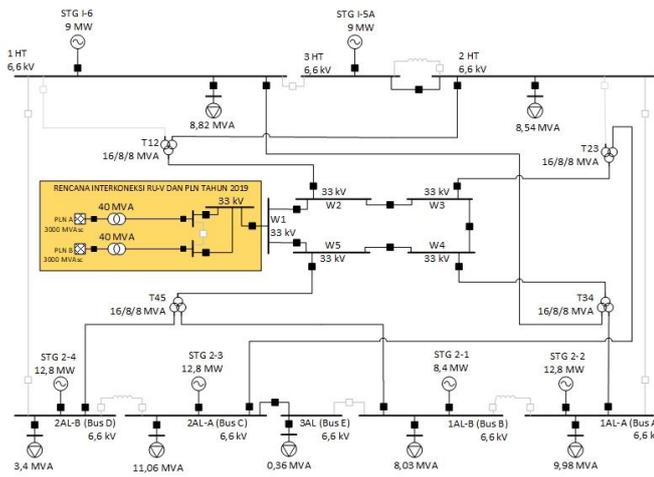
D. Koordinasi Proteksi

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 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 V BALIKPAPAN

A. Sistem Kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan

Pada sistem kelistrikan existing (sebelum integrasi dengan PLN), PT. Pertamina RU V Balikpapan memiliki beberapa area yang terhubung dengan sumber berupa generator dan beban-beban listrik dengan kapasitas besar maupun kecil. Sistem kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan memiliki area yang saling terhubung melewati ring bus dengan tegangan 33 kV. Adanya integrasi sistem kelistrikan existing dengan PLN maka konfigurasi sistem kelistrikan akan berubah. Integrasi sistem kelistrikan dengan PLN dilakukan dengan menghubungkan jaringan PLN dengan sistem ring bus 33 kV milik PT. Pertamina RU V Balikpapan, sehingga bentuk konfigurasi sistem kelistrikan terbaru menjadi seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar. 1. Sistem kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan setelah integrasi dengan PLN

Perubahan konfigurasi sistem kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan ini mengakibatkan perlunya evaluasi koordinasi rele proteksi.

B. Sistem Proteksi di PT. Pertamina RU V Balikpapan

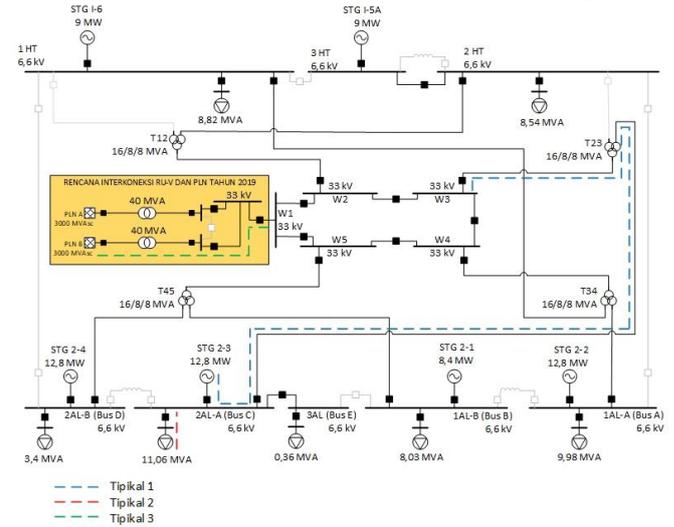
PT. Pertamina RU V Balikpapan membutuhkan sistem proteksi untuk melindungi sistem kelistrikan dari arus lebih gangguan fasa maupun arus lebih gangguan tanah sehingga proses pengolahan di kilang tetap berjalan dengan optimal. Peralatan penting yang dibutuhkan pada sistem proteksi arus lebih adalah rele arus lebih. Selain itu, PT. Pertamina RU V Balikpapan juga menggunakan rele diferensial sebagai pengaman ketika terjadi gangguan pada ring bus 33 kV. Jenis rele proteksi yang digunakan pada PT. Pertamina RU V Balikpapan juga berbeda-beda sehingga terdapat perbedaan nilai, konstanta maupun jenis kurva yang tersedia pada masing-masing rele.

IV. HASIL SIMULASI DAN SETTING RELE PROTEKSI PADA PT. PERTAMINA RU V BALIKPAPAN

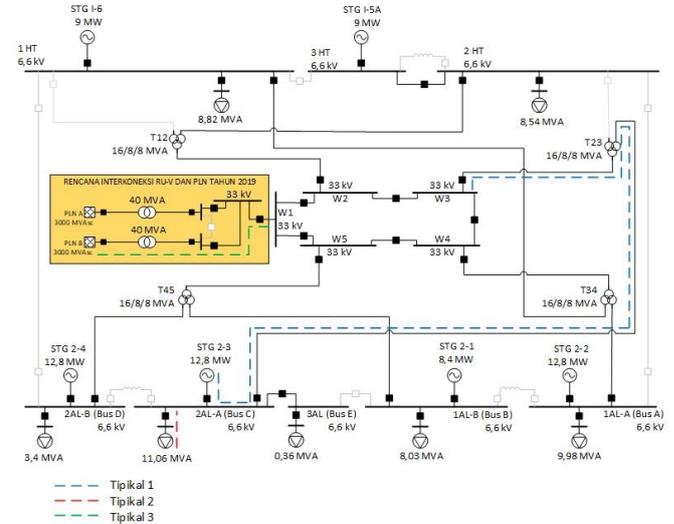
A. Pemilihan Tipikal Koordinasi pada PT. Pertamina RU V Balikpapan

Pemilihan tipikal koordinasi dilakukan untuk mempermudah evaluasi koordinasi proteksi di PT. Pertamina RU V Balikpapan. 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 V Balikpapan memiliki generator dengan NGR sebesar 1000 A dan Transformator PLN dengan NGR sebesar 100 A. Selain koordinasi proteksi rele arus lebih, PT. Pertamina RU V Balikpapan juga memiliki rele diferensial yang berfungsi sebagai pelindung utama pada masing-masing bus di ring bus

33kV. Sehingga dalam melakukan koordinasi rele arus lebih perlu memperhatikan adanya rele diferensial pada ring bus.



Gambar. 2. Tipikal koordinasi rele proteksi gangguan fasa PT. Pertamina RU V Balikpapan



Gambar. 3. Tipikal koordinasi rele proteksi gangguan tanah PT. Pertamina RU V Balikpapan

B. Data Arus Gangguan Hubung Singkat

Data arus gangguan hubung singkat diperlukan dalam penentuan setting rele proteksi arus lebih dan rele proteksi diferensial. 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 sedangkan arus hubung singkat minimum merupakan arus hubung singkat antar fasa (line to line).

Arus hubung singkat minimum merupakan arus hubung singkat line to line saat keadaan steady state (30 cycle) pada kondisi pembangkitan minimum. Kondisi pembangkitan minimum pada PT. Pertamina RU V Balikpapan merupakan

kondisi sistem kelistrikan dengan 4 generator aktif setelah terintegrasi PLN. Nilai arus hubung singkat minimum ini digunakan dalam setting pickup kurva rele arus lebih waktu instan sehingga rele dapat bekerja sesuai dengan time delay pada kurva instan.

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 30 cycle digunakan ketika rele beroperasi pada waktu > 0,1 detik sedangkan arus hubung singkat maksimum 4 cycle digunakan ketika rele beroperasi pada waktu ≤ 0,1 detik. Pada kondisi transient (4 cycle) hingga steady state (30 cycle), peralatan motor masih memberikan arus kontribusi sehingga nilai arus hubung singkat dapat berbeda.

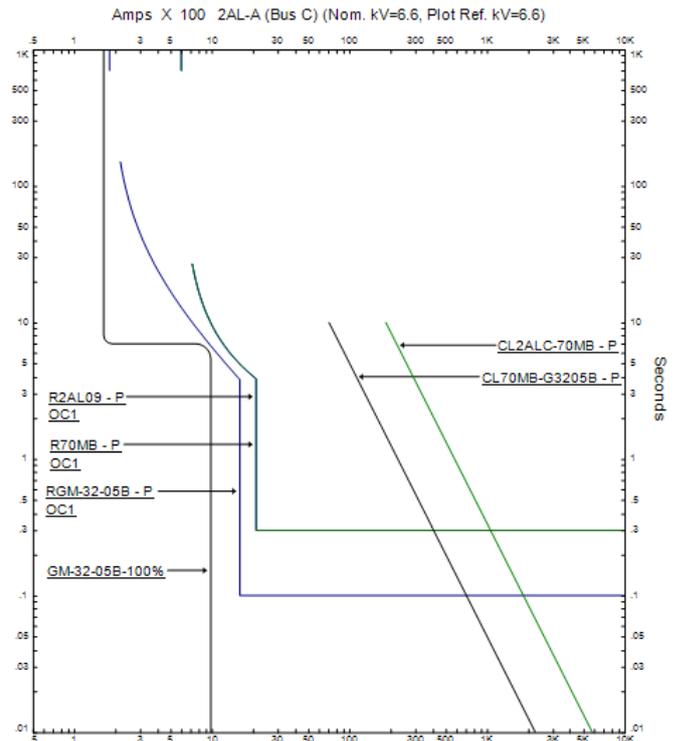
Pada perhitungan setting rele arus lebih gangguan fasa, diperlukan data arus hubung singkat yang melewati rele dikarenakan PT. Pertamina RU V Balikpapan disuplai lebih dari satu sumber yang menyebar di beberapa area. Hal ini menyebabkan terdapat perbedaan nilai arus hubung singkat bergantung pada lokasi titik gangguannya.

Arus hubung singkat yang diperlukan untuk setting rele diferensial adalah arus hubung singkat pada kondisi ½ cycle saat terjadi gangguan internal dan eksternal peralatan yang dilindungi. Arus hubung singkat saat kondisi ½ cycle dibutuhkan karena rele diferensial bekerja sangat cepat dengan waktu berkisar antara 0,01 – 0,02 detik sehingga arus yang terukur oleh rele berada pada kondisi subtransient (½ cycle).

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. Hasil setting rele yang didapat dari perhitungan kemudian dimasukkan ke dalam software ETAP untuk peninjauan kurva time current characteristic di setiap tipikal fasa.

Rele RGM-32-05B menjadi pengaman utama dari motor GM-32-05B sehingga penentuan setting rele RGM-32-05B perlu mempertimbangkan kurva starting motor GM-32-05B. Ketika motor sedang starting maka rele pengaman motor tidak boleh bekerja. Selain itu, diantara R70MB dan R2AL09 terdapat saluran penghubung. Oleh karena itu, kedua rele tersebut dapat diatur dengan setting yang sama. Hasil plot time current characteristic untuk tipikal 1 ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar. 4. Plot time current characteristic Tipikal 1

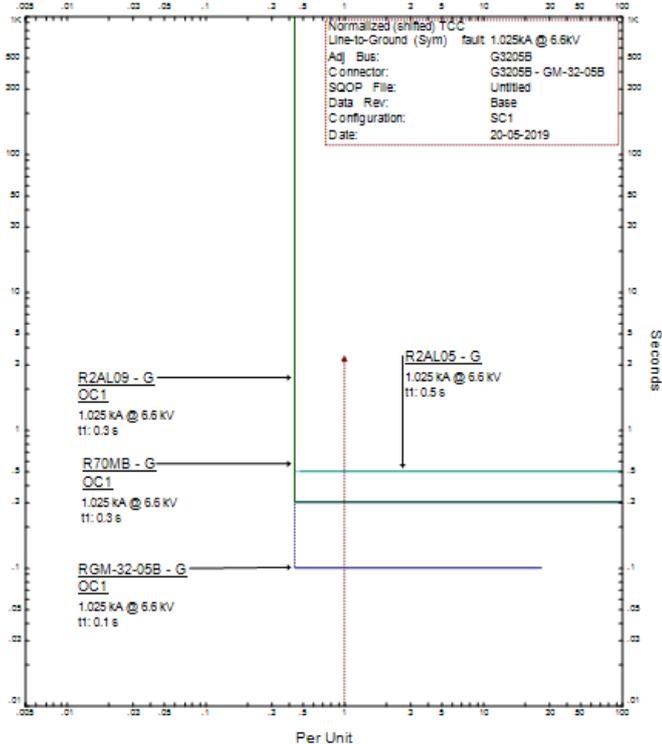
Rele R2AL01 dan RQ222 merupakan rele pengaman T23 sehingga dalam penentuan setting rele perlu mempertimbangkan inrush current dan damage curve T23. Penentuan setting rele pada tipikal 2 perlu mempertimbangkan hasil setting pada beban yang terhubung dengan Bus 2AL-A (tipikal 1). Rele RCB PLN-A PRI dan RCB PLN-A SEC merupakan rele pengaman TR PLN A, sehingga penentuan setting rele tersebut perlu mempertimbangkan inrush current dan damage curve TR PLN A.

Ketika terjadi gangguan hubung singkat di sisi PLN, maka sistem kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan akan memberikan arus kontribusi ke arah grid PLN sehingga diperlukan penambahan rele arus lebih arah (Directional Overcurrent Relay) untuk mendeteksi arus tersebut. Rele arus lebih arah ditempatkan di RCB TIE PLN-A, dan RCB W1 dengan arah berlawanan (arah arus menuju ke PLN).

D. Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, penentuan setting rele akan mengacu pada Neutral Ground Resistor (NGR) pada Generator STG 2-3 pada level tegangan 6,6 kV dan Transformator PLN pada level tegangan 33 kV. Oleh karena itu, tipikal pada level tegangan 6,6 kV dan tipikal pada level tegangan 33 kV perlu dianalisis. Setting rele arus lebih gangguan tanah pada tipikal 4 mengacu pada Generator STG 2-3 yang memiliki NGR sebesar 1000 A. Setting rele arus lebih gangguan tanah pada tipikal 5 mengacu pada Transformator TR PLN yang memiliki NGR sebesar 100 A.

Saat terjadi hubung singkat gangguan tanah di beban motor, rele RGM-32-05B sebagai pengaman utama motor akan bekerja dengan waktu 0,1 detik. Rele R70MB dan R2AL09 akan bekerja sebagai backup dari rele utama motor dengan waktu 0,3 detik. Rele R2AL05 sebagai rele pengaman generator akan bekerja di 0,5 detik. Berdasarkan hasil setting ini, ketika terjadi hubung singkat gangguan tanah di beban motor 6,6 kV, maka saluran motor akan terlepas dari sistem sehingga titik gangguan dapat terisolasi. Hasil plot time current characteristic untuk tipikal 4 ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar. 5. Plot time current characteristic Tipikal 4

Selain itu, ketika terjadi hubung singkat gangguan tanah di saluran yang terhubung dengan sekunder T23 maka rele R2AL01 sebagai pengaman utama pada saluran akan bekerja dengan waktu 0,1 detik. Rele R2AL05 sebagai rele pengaman generator akan trip di 0,5 detik. Berdasarkan hasil setting ini, ketika terjadi hubung singkat gangguan tanah di saluran yang terhubung dengan sekunder T23, maka titik gangguan akan terisolasi.

Pada tegangan 33 kV, saat terjadi hubung singkat gangguan tanah di sisi primer transformator 3 belitan, maka rele RQ232 akan bekerja dengan waktu 0,1 detik. Rele RCB W1, RCB TIE PLN-A dan RCB PLN-A SEC akan bekerja sebagai backup dari rele utama motor dengan waktu 0,3 detik. Berdasarkan hasil setting ini, maka ketika terjadi hubung singkat gangguan tanah di sisi ring bus maka saluran PLN akan terlepas dari sistem sehingga titik gangguan dapat terisolasi.

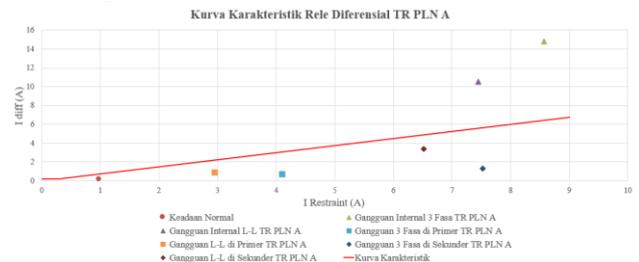
E. Setting Rele Diferensial Bus dan Transformator

Pada PT. Pertamina RU V Balikpapan, rele diferensial bus digunakan sebagai pengaman utama ketika terjadi gangguan pada ring bus dan Bus Rencana PLN. Selain rele diferensial bus, PT. Pertamina RU V Balikpapan juga menggunakan rele diferensial sebagai perlindungan Transformator PLN. Bus W1, W2, W3, W4, W5 dan Bus Rencana PLN memiliki 3 feeder yang masing-masing terhubung dengan Bus lainnya. Transformator TR PLN A dan TR PLN B merupakan transformator yang identik sehingga setting rele diferensial dapat disamakan. Transformator TR PLN A memiliki sisi primer dan sisi sekunder yang terhubung dengan CT sebagai input rele diferensial transformator.

Penentuan setting arus pickup dan slope rele diferensial dapat ditentukan sebagai berikut:

- 1) Penentuan setting arus pickup ditentukan dengan mengacu pada idiff kondisi normal sehingga setting arus pickup dipilih lebih besar dari idiff hasil perhitungan.
- 2) Penentuan setting slope ditentukan dengan mempertimbangkan slope terbesar pada kondisi normal maupun saat gangguan eksternal.

Untuk menguji hasil setting rele diferensial TR PLN A, maka dilakukan perhitungan parameter Idiff dan slope saat terjadi gangguan di dalam daerah pengaman rele (gangguan internal) sebagai acuan. Hasil setting rele diferensial TR PLN A ini kemudian ditampilkan dalam bentuk kurva karakteristik seperti yang ditunjukkan gambar berikut.



Gambar. 6. Kurva karakteristik rele diferensial TR PLN A

Plot gangguan internal TR PLN A berada di atas kurva karakteristik sehingga rele diferensial akan bekerja ketika terjadi gangguan internal. Selain itu, plot kondisi normal dan gangguan eksternal berada di bawah kurva karakteristik sehingga rele diferensial tidak bekerja saat kondisi normal dan saat terjadi gangguan eksternal.

Tabel 1. Rangkuman setting rele diferensial di PT. Pertamina RU V Balikpapan

ID Rele	Peralatan yang Dilindungi	Setting Rele		
		Parameter	Existing	Resetting
RDIF W1	Bus W1	Pickup		1,27 pu
		Slope		70%
RDIF	Bus W2	Pickup		0,74 pu

W2		<i>Slope</i>	90%
RDIF W3	<i>Bus W3</i>	<i>Pickup</i>	0,74 pu
		<i>Slope</i>	90%
RDIF W4	<i>Bus W4</i>	<i>Pickup</i>	1,62 pu
		<i>Slope</i>	90%
RDIF W5	<i>Bus W5</i>	<i>Pickup</i>	0,74 pu
		<i>Slope</i>	90%
RDIF Bus Rencana PLN	<i>Bus Rencana PLN</i>	<i>Pickup</i>	0,15 pu
		<i>Slope</i>	30%
RDIF TR PLN A	<i>TR PLN A</i>	<i>Pickup</i>	0,22 pu
		<i>Slope</i>	75%

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil setting evaluasi koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PT. Pertamina RU V Balikpapan dengan mempertimbangkan integrasi dengan PLN, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pada koordinasi proteksi tipikal 1 gangguan fasa, Rele RGM-32-05B bekerja pada waktu 0,1 detik sebagai rele utama motor kemudian Rele R70MB dan R2AL09 bekerja pada waktu 0,3 detik sebagai backup sehingga gangguan pada sisi beban dapat terisolasi.
- 2) Pada koordinasi proteksi tipikal 2 gangguan fasa, Rele R2AL01 bekerja pada waktu 0,5 detik dan Rele R2AL05 bekerja pada waktu 0,7 detik sebagai rele pengaman generator sehingga gangguan pada sisi Bus 2AL-A dapat terisolasi. Rele RQ232 bekerja pada waktu 1,3 detik sebagai backup dari rele R2AL01.
- 3) Pada koordinasi proteksi tipikal 3 gangguan fasa, Rele RCB W1 bekerja pada waktu 0,3 detik. Rele RTIE PLN-A dan RPLN-A SEC bekerja pada waktu 0,5 detik. Rele PLN A PRI sebagai backup dari RPLN-A SEC akan bekerja pada waktu 1,49 sehingga titik gangguan akan terisolasi dari sumber PLN. Selain itu, pada tipikal 3 juga dilengkapi rele arus lebih arah pada RTIE PLN-A dan RCB W1 yang bekerja pada waktu 0,1 detik dan 0,3 detik ketika terjadi gangguan di sisi PLN.
- 4) Pada koordinasi proteksi tipikal 4 gangguan tanah, rele akan mendeteksi arus NGR sebesar 1000 A. Rele RGM-32-05B dan R2AL01 bekerja pada waktu 0,1 detik. Rele R70MB dan R2AL09 bekerja pada waktu 0,3 detik sebagai backup dari RGM-32-05B. Rele R2AL05 bekerja pada waktu 0,5 detik sebagai pengaman generator.
- 5) Pada koordinasi proteksi tipikal 5 gangguan tanah, rele akan mendeteksi arus NGR sehingga PLN akan terlepas dari sistem. Rele RQ232 akan bekerja pada waktu 0,1 detik. Rele RCB W1 akan bekerja pada waktu 0,3 detik. Rele RCB TIE

PLN-A dan RCB PLN-A SEC akan bekerja pada waktu 0,5 detik sebagai backup.

6) Penentuan setting rele diferensial bus telah mempertimbangkan kondisi normal, kondisi gangguan di luar daerah proteksi rele dan kondisi gangguan di dalam daerah proteksi rele. Pada salah satu bus (Bus W1), nilai setting arus pickup sebesar 1,27 A dan slope sebesar 70%. Ketika terjadi gangguan internal, didapatkan Idiff sebesar 10,016 A (3 Fasa) dan 8,699 A (L-L) serta slope sebesar 171,71% (3 Fasa) dan 172,13% (L-L) sehingga rele diferensial akan bekerja karena nilai melewati setting.

7) Penentuan setting rele diferensial Transformator PLN telah mempertimbangkan kondisi normal, kondisi gangguan di luar daerah proteksi rele dan kondisi gangguan di dalam daerah proteksi rele. Pada rele diferensial TR PLN, nilai setting arus pickup sebesar 0,22 A dan slope sebesar 75%. Ketika terjadi gangguan internal, didapatkan Idiff sebesar 14,8 A (3 fasa) dan 10,56 A (L-L) serta slope sebesar 172,8% (3 fasa) dan 141,95% (L-L) sehingga rele diferensial akan bekerja karena nilai melewati setting.

B. Saran

Dari hasil evaluasi analisis koordinasi proteksi di PT. Pertamina RU V Balikpapan yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

- 1) Pada setting rele arus lebih gangguan tanah, direkomendasikan untuk menggunakan kurva definit dikarenakan besar arus gangguan akan sesuai dengan arus NGR. Oleh karena itu, setting yang perlu diperhatikan yaitu grading waktunya saja.
- 2) Pada setting rele diferensial, direkomendasikan untuk mengaktifkan fungsi Idiff dan slope bersamaan (Logika AND) sehingga kemungkinan kesalahan kerja rele diferensial akan berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE Industry Applications Society, Ed., "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems". New York: Inst. of Electrical and Electronics Engineers, 2001.
- [2] P. M. Anderson, "Power System Protection". New York: IEEE Press, 1999.
- [3] T. Gonen, "Modern Power System Analysis", 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.
- [4] J. D. Glover, M. S. Sarma, and T. J. Overbye, "Power System Analysis and Design", 5th ed. Stamford: Cengage Learning, 2012.
- [5] B. D. Metz-Noblat, F. Dumas, and G. Thomasset, "Cahier Technique no. 158 Calculation of Short-Circuit Currents." Schneider Electric, 2000.

- [6] J. L. Blackburn and T. J. Domin, "Protective Relaying: Principles and Applications", 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.
- [7] "MiCOM P342, P343, P344, P345, P346 & P391 Generator Protection Relay Technical Manual." ALSTOM, 2010.
- [8] "MiCOM P141, P142, P143, P144 & P145 Feeder Management Relay Technical Manual." AREVA, 2009.
- [9] "MiCOM P120/P121/P122/P123 Overcurrent Relays Technical Guide." AREVA, 2009.
- [10] "MiCOM P220/P225 Motor Protection Relays Technical Manual." Schneider Electric, 2012.
- [11] "GE Multilin B30 Bus Differential System." GE, 2017.
- [12] "GE Multilin T60 Transformer Protection System." GE, 2015.