

Evaluasi Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) dan Gangguan Tanah (GFR) pada Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru

Khalik Al Ridha*, Firdaus**

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: khalixal@gmail.com

ABSTRACT

This study aimed to obtain the optimal setting and should be of 50 MVA transformer protection system at the substation Garuda Sakti Pekanbaru. This study uses observation, that determines which objects will be studied to evaluate the coordination of the relay in the transformer of 50 MVA substation Garuda Sakti Pekanbaru. With the data obtained as a diagram of the distribution network of the line (SUTM) substation Garuda Sakti Pekanbaru along with CB data, the transformers, relay specification OCR and GFR and tuning existing conditions relay, and additional data that support for this thesis as load data and daily etc. From the calculation results with existing data in the field is still in appropriate conditions (the difference is not too much), so it can be concluded that the overall arrangement of OCR and GFR in the field is still in good condition. OCR for relay settings and GFR in the feeder has about the same value at which the TMS for OCR and GFR each 0,154s 0,15s in calculations and in the field to OCR, and 0,103s in the calculation and in the field with 0,15s GFR, but there relay settings no longer appropriate that the relay settings and GFR OCR on the side of the entrance, where TMS and TMS = 0,3s = 0,3s in other words if there is a short circuit fault then the relay will take a long time to work. So setting relay OCR and GFR incoming side that is in the field must be set back.

Keyword : OCR , GFR

I. PENDAHULUAN

Jaringan SUTM bisa ditarik sepanjang puluhan sampai ratusan km dan biasanya ada diluar kota besar. Seperti diketahui , apalagi di Indonesia, jaringan dengan konduktor telanjang yang digelar di udara bebas banyak mengandung resiko terjadi gangguan hubung singkat fasa-fasa atau satu fasa-tanah

Khususnya di gardu induk garuda sakti menggunakan 4 buah trafo yang memasok beberapa penyulang. Oleh sebab itu diperlukan penyetelan relay yang baik agar relay dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik yang lain dari arus

gangguan hubung singkat maupun beban lebih. Besarnya arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi didalam suatu system kelistrikan perlu diketahui sebelum gangguan yang sesungguhnya terjadi. Hal ini biasanya dipakai dalam perencanaan peralatan instalasi tenaga.

Untuk keperluan penyetelan relay proteksi, arus gangguan yang dihitung tidak hanya pada titik gangguan saja, Untuk itu di perlukan cara menghitung arus gangguan hubung singkat yang dapat segera membantu dalam perhitungan penyetelan dan perroteksi.

Berdasarkan hal tersebut penulis mencoba untuk menulis skripsi yang berjudul *Evaluasi Koordinasi Relay Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Gardu Induk Garuda Sakti*.

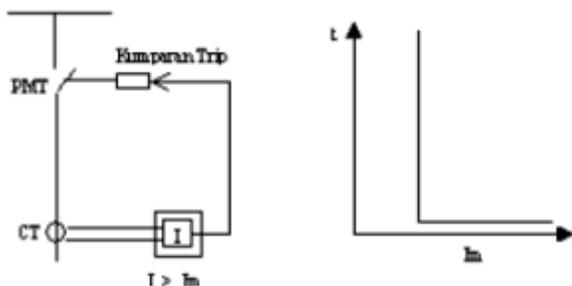
Relay arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (Over Current Relay) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau overload yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya

Relay arus lebih ini dapat digunakan hampir pada seluruh pengamanan sistem tenaga listrik, lebih lanjut relay ini dapat digunakan sebagai pengaman utama ataupun pengaman cadangan.

Pada transformeter tenaga, OCR hanya berfungsi sebagai pengaman cadangan (back up protection) untuk gangguan eksternal atau sebagai back up bagi outgoing feeder, OCR dapat dipasang pada sisi ketegangan tinggi saja, atau pada sisi tegangan menengah saja, atau pada sisi tegangan tinggi dan tegangan menengah sekaligus. Selanjutnya OCR dapat menjatuhkan PMT di kedua sisi transformator tenaga. OCR jenis defenite time ataupun inverse time dapat dipakai untuk proteksi transformator terhadap arus lebih.

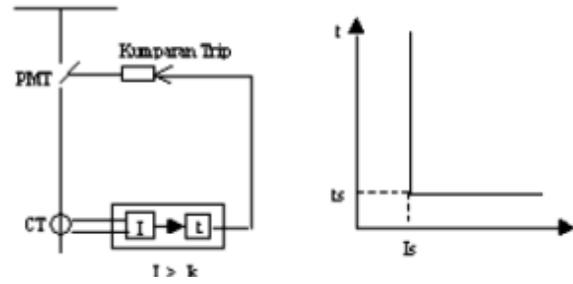
Jenis Relay Berdasarkan Karakteristik Waktu

1. Relay arus lebih sesaat (instantaneous)



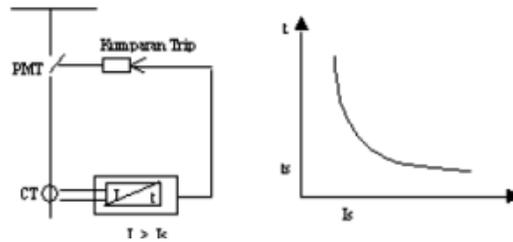
Gambar 1 Karakteristik Waktu Seketika (Instantaneous)

2. Relay arus lebih definite (definite time)



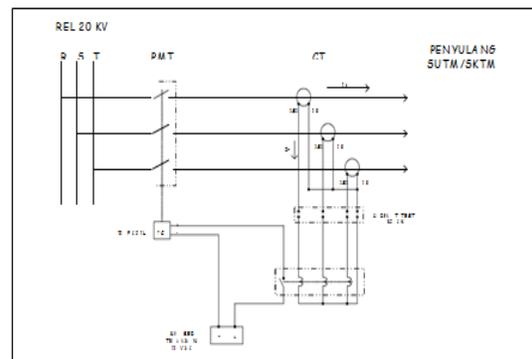
Gambar 2 Karakteristik Waktu tertentu (Definite)

3. Relay arus lebih inverse (inverse time)



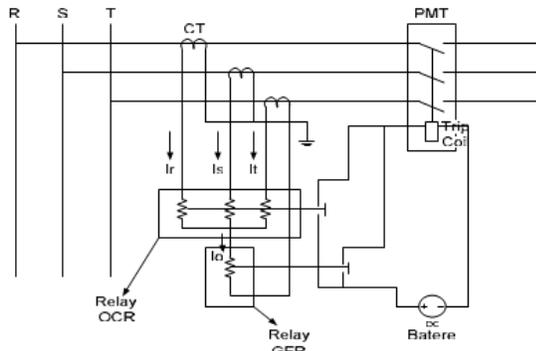
Gambar 3 Karakteristik Waktu Terbalik (Inverse)

Prinsip kerja relay OCR adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relay, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau overload (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya.



Gambar 4 Rangkaian Pengawatan OCR

Rele hubung tanah yang lebih dikenal dengan GFR (Ground Fault Relay) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan rele arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila rele OCR mendeteksi adanya hubungan singkat antara fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah.



Gambar 5 Rangkaian Pengawatan GFR

Gangguan hubungan singkat yang mungkin terjadi dalam jaringan (Sistem kelistirikan) yaitu

1. Gangguan hubungan singkat tiga fasa
2. Gangguan hubungan singkat dua fasa
3. Gangguan hubungan singkat satu fasa ke tanah

Semua gangguan hubungan singkat diatas, arus gangguannya di hitung dengan menggunakan rumus dasar yaitu :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana

I = Arus yang mengalir pada hambatan Z (A)

V = Tegangan sumber (V)

Z = Impedansi jaringan, nilai ekuivalen dari seluruh

impedansi di dalam jaringan dari sumber tegangan sampai titik gangguan (ohm).

Untuk perhitungan arus hubung singkat ada beberapa tahap yaitu :

1. Menghitung Impedansi

- a. Impedansi sumber

$$X_s = \frac{kv^2}{MVA}$$

- b. Impedansi transformator

$$X_t \text{ (pada 100%)} = \frac{kV^2}{MVA}$$

- c. Impedansi penyulang

urutan positif dan negatif

- $z_1 = z_2 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang}$

- $z_0 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang}$

- d. Impedansi ekivalen jaringan

- urutan nol $z_{0eq} = z_{t0} + 3R_N + z_0(\text{penyulang})$

- urutan positif dan negatif $z_{1eq} = z_{2eq} = z_{s1} + z_{t1} + z_1(\text{penyulang})$

2. Menghitung arus hubung singkat

- a. Gangguan hubung singkat 3 fasa

$$I_{3\text{fasa}} = \frac{v_{ph}}{z_{1eq}}$$

- b. Gangguan hubung singkat 2 fasa

$$I_{2\text{fasa}} = \frac{V_{ph} - ph}{2 \times z_{1eq}}$$

- c. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

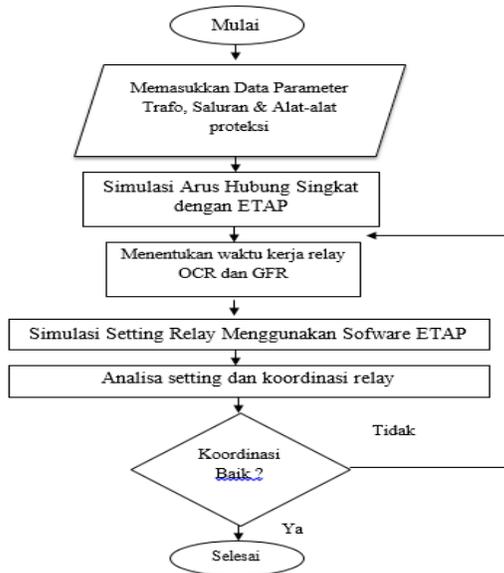
$$I_{1\text{fasa}} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times z_{1eq} + z_{0eq}}$$

II. METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijabarkan tahap-tahap dalam penyetapan settingan relay di Gardu induk garuda sakti. Pada penelitian ini digunakan metode observasi. Studi literatur sebagai langkah awal digunakan

untuk menambah wawasan tentang penyetelan settingan relay proteksi transformator dan penyulanganya. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data *One line diagram* jaringan distribusi (SUTM) GI Garuda Sakti beserta data-data CB, transformator, dan lain-lain. Kemudian dilanjutkan dengan spesifikasi relai-relai (OCR dan GFR) serta penyetelan kondisi *existing* dari relai tersebut serta data-data tambahan yang mendukung untuk skripsi ini seperti data beban harian dan lain-lain.

Langkah kerja penelitian ini terlihat pada gambar 6 dibawah ini :



Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dari studi literature dengan mengumpulkan literature yang berhubungan dengan proteksi relay OCR dan GFR dan mengumpulkan jurnal-jurnal yang berhubungan dengan topic penulis. Peneliti kemudian mengumpulkan data- data yaitu *one line diagram* G.I garuda sakti data parameter trafo, data saluran, data beban harian serta kondisi existing OCR dan GFR pada gardu induk garuda sakti. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan penyetelan proteksi dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.

2.1 Pengolahan Data

2.1.1 Karakteristik GI Garuda Sakti

Pada Gardu induk garuda sakti ini terdapat 4 unit transformator yang digunakan dalam melayani Gardu Induk Garuda Sakti, yaitu 2 unit transformator 60 MVA dan 2 unit transformator 50MVA, pada skripsi ini akan dibahas dan di analisis 1 transformator 50MVA saja.

2.1.2 Teknik Analisis Data

Gangguan hubung singkat ini dihitung besarnya berdasarkan panjang penyulang, yaitu diasumsikan terjadi di 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% penyulang penyulanganya. (Irfan Affandi, 2009)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan perhitungan arus gangguan hubung singkat (3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah) dan penyetelan OCR dan GFR (setelan arus dan setelan TMS) serta analisa keduanya. Setelah itu akan disimulasikan, dan hasil *running* program penyetelan proteksi transformator menggunakan ETAP 12.6 berdasarkan *single line diagram* dari PLN. Penulis juga menampilkan simulasi gangguan serta menampilkan kurva OCR dan GFR, selain itu untuk melihat penyetelan yang optimal dari sistem ini penulis membandingkan hasil *running* program dengan hasil perhitungan secara manual.

3.1 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

3.1.1 Menghitung Impedansi Sumber

MVA hubung singkat = 305

Maka impedansi sumber (X_s) adalah:

$$X_s(\text{sisi } 150 \text{ kv}) = \frac{150^2}{305} = 73,77 \text{ ohm}$$

Untuk mengetahui impedansi di sisi

sekunder, yaitu di bus sisi 20 kV maka:

$$X_s(\text{sisi } 20 \text{ kv}) = \frac{20^2}{150^2} \times 305 = 0,055 \text{ ohm}$$

3.1.2 Menghitung Reaktansi Trafo

Besarnya reaktansi transformator₂ di GI Garuda sakti adalah:

$$X_t(\text{pada } 100\%) = \frac{20^2}{50} = 8 \text{ ohm}$$

Nilai reaktansi transformator tenaga:

- Reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{t1} = X_{t2}$)

$$X_t = 12,55\% \times 8 = 1,004 \text{ ohm}$$

- Reaktansi urutan nol (X_{t0})

Karena transformator daya ini memiliki belitan YNYn0 yang tidak mempunyai belitan delta di dalamnya, maka besaran X_{t0} berkisar antara 9 s/d 14 x X_{t1} , perhitungan ini diambil nilai X_{t0} lebih kurang 10 x X_{t1} . Jadi $X_{t0} = 10 \times 1,651 = 16,51 \text{ ohm}$.

3.1.3 Menghitung Impedansi Penyulang

-Urutan positif dan negatif

$$\% \text{ panjang (0\%)} = 0\% \times (0,625 + 0,485) = 0 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (25\%)} = 25\% \times (0,625 + 0,485) = 0,156 + j0,121 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (50\%)} = 50\% \times (0,625 + 0,485) = 0,312 + j0,242 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (75\%)} = 75\% \times (0,625 + 0,485) = 0,468 + j0,363 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (100\%)} = 100\% \times (0,625 + 0,485) = 0,625 + j0,485 \text{ ohm}$$

-Urutan nol

$$\% \text{ panjang (0\%)} = 0\% \times (1,375 + 0,145) = 0 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (25\%)} = 25\% \times (1,375 + 0,145) = 0,343 + j0,036 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (50\%)} = 50\% \times (1,375 + 0,145) = 0,687 + j0,072 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (75\%)} = 75\% \times (1,375 + 0,145) = 1,031 + j0,108 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (100\%)} = 100\% \times (1,375 + j0,145) = 1,375 + j0,145 \text{ ohm}$$

3.1.4 Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan

Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} :

$$\begin{aligned} Z_{1eq} &= Z_{2eq} \\ &= Z_s(\text{sisi } 20 \text{ kv}) + Z_t + Z_1 \text{ penyulang} \\ &= j0,017 + j1,004 + Z_1 \text{ penyulang} \\ &= j1,021 + Z_1 \text{ penyulang} \end{aligned}$$

Z_{1eq} (Z_{2eq}):

$$\% \text{ panjang (0\%)} = 0 + j1,021 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (25\%)} = j1,021 + 0,156 + j0,121 = 0,156 + j1,142 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (50\%)} = j1,021 + 0,312 + j0,242 = 0,312 + j1,263 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (75\%)} = j1,021 + 0,468 + j0,363 = 0,468 + j1,384 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (100\%)} = j1,021 + 0,625 + j0,485 = 0,625 + j1,506 \text{ ohm}$$

Perhitungan Z_{0eq} :

$$\begin{aligned} Z_{0eq} &= Z_{ot} + 3R_N + Z_0 \text{ penyulang} \\ &= j10,04 + 3 \times 12 + Z_0 \text{ penyulang} \\ &= j10,04 + 36 + Z_0 \text{ penyulang} \end{aligned}$$

Z_{0eq} :

$$\% \text{ panjang (0\%)} = 36 + j10,04 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (25\%)} = j10,04 + 36 + 0,343 + j0,036 = 36,343 + j10,076 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (50\%)} = j10,04 + 36 + 0,687 + j0,072 = 36,687 + j10,112 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (75\%)} = j10,04 + 36 + 1,031 + j0,108 = 37,031 + j10,148 \text{ ohm}$$

$$\% \text{ panjang (100\%)} = j10,04 + 36 + 1,375 + j0,145 = 37,375 + j10,185 \text{ ohm}$$

3.1.5 Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat 3 fasa

$$\% \text{ panjang (0\%)} = \frac{11547}{\sqrt{0^2 + 1,021^2}} = 11309,50 \text{ A}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan titik gangguan hubung singkat sampai kondisi 100% dapat dilihat pada table1.

$$\begin{aligned} &\text{Gangguan hubung singkat 2 fasa} \\ &\% \text{panjang}(0\%) = \\ &\frac{20000}{2x(0 + j1,021)} = \frac{20000}{\sqrt{0^2 + 2,042^2}} = 794,319A \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan titik gangguan hubung singkat sampai kondisi 100% dapat dilihat pada table1.

$$\begin{aligned} &\text{Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah} \\ &\% \text{panjang}(0\%) = \\ &\frac{34641,016}{2x(0 + j1,021) + (36 + j10,04)} = 912,25A \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan titik gangguan hubung singkat sampai kondisi 100% dapat dilihat pada table1.

Dengan hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat (3 fasa, 2 fasa, 1 fasa ke tanah) dapat digunakan untuk penyetulan OCR dan GFR. Maka dapat dibuat suatu perbandingan besarnya arus gangguan terhadap titik gangguan (lokasi gangguan pada penyulang yang dinyatakan dalam %) dengan menggunakan tabel berikut ini.

Tabel 1 Perhitungan arus gangguan hubung singkat

Panjang penyulang (%)	Jarak	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa
0	0	11309,50	9794,31	912,25
25	1,250	10018,16	8675,99	891,33
50	2,500	9073,56	7686,59	879,36
75	3,750	8290,70	6844,69	863,77
100	5,000	7626,52	6132,93	848,69

3.2 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai

1. Tabel 2 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa

% Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,295	0,699	0,404
25%	0,306	0,745	0,439
50%	0,316	0,787	0,471
75%	0,325	0,830	0,505
100%	0,334	0,873	0,539

2. Tabel 3 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa

% Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,308	0,754	0,444
25%	0,320	0,808	0,5
50%	0,333	0,869	0,536
75%	0,345	0,939	0,591
100%	0,360	1,012	0,652

3. Tabel 4 pemeriksaan waktu kerja relai gangguan 1 fasa ke tanah

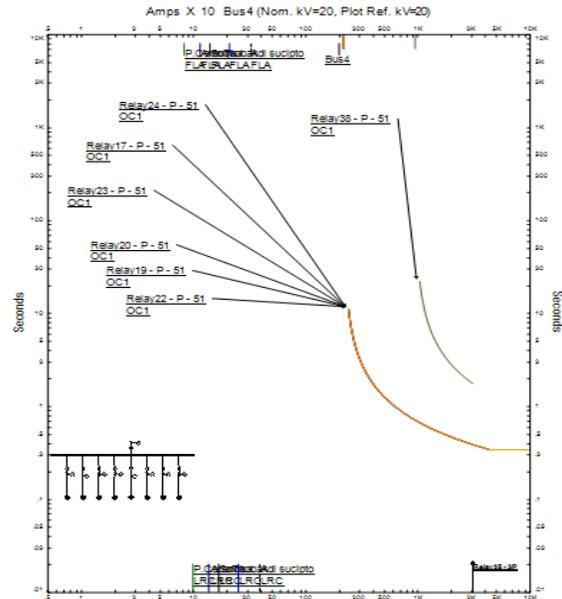
% Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,296	0,696	0,4
25%	0,299	0,702	0,403
50%	0,301	0,706	0,405
75%	0,303	0,711	0,408
100%	0,305	0,716	0,411

3.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Data di Lapangan

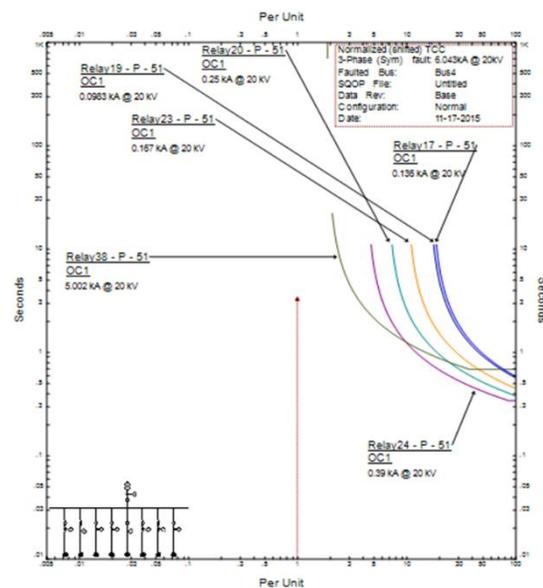
Tabel 5 Perbandingan hasil perhitungan dengan hasil data dilapangan

No	Nama Relai	Data Hasil Perhitungan	Data Lapangan
1	OCR (sisi incoming)	TMS = 0,203s Rasio CT = 2000/5 t = 0,699s	TMS = 0,3s Rasio CT = 2000/5 t = 0,945s
2	GFR (sisi incoming)	TMS = 0,265s Rasio CT = 2000/5 t = 0,696s	TMS = 0,3s Rasio CT = 2000/5 t = 0,945s
3	OCR (sisi penyulang)	TMS = 0,154s Rasio CT = 800/5 t = 0,295s	TMS = 0,15s Rasio CT = 800/5 t = 0,340s
4	GFR (sisi penyulang)	TMS = 0,103s Rasio CT = 800/5 t = 0,299s	TMS = 0,15s Rasio CT = 800/5 t = 0,340s

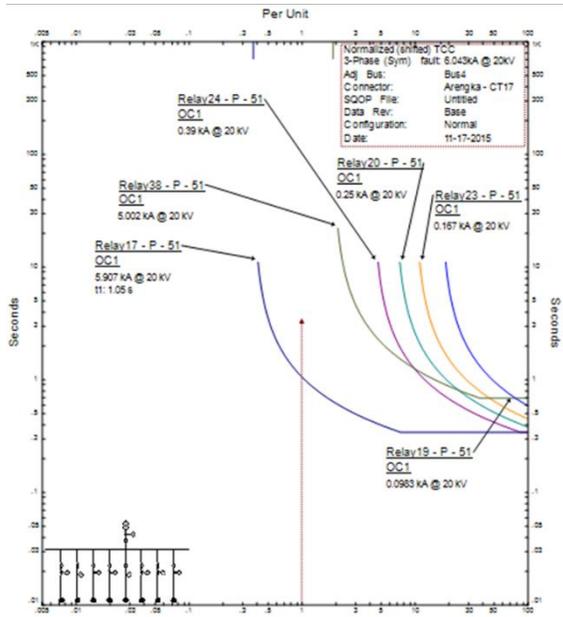
3.4 Kurva OCR dan GFR



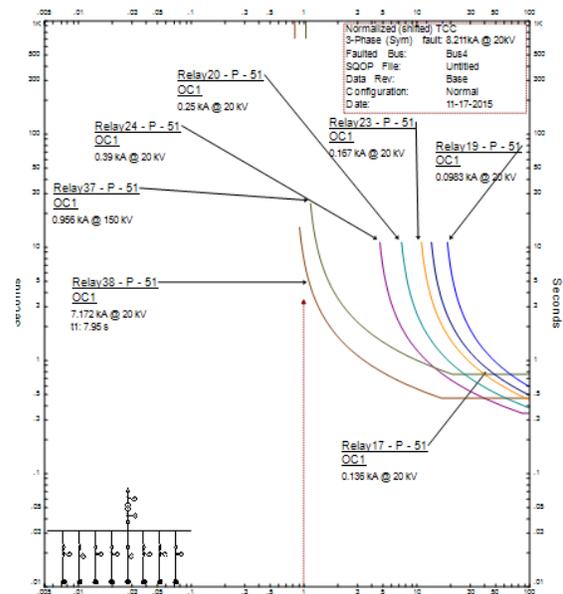
Gambar 7 Kurva Kondisi Existing Relai Incoming dan Penyulang Transformator 3



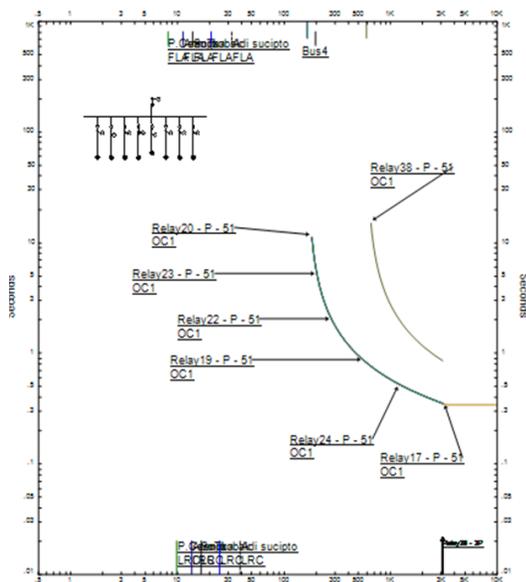
Gambar 8 Kurva OCR dan GFR Kondisi Existing Untuk Gangguan 3 Fasa 2 Fasa dan 1 Fasa ke Tanah Pada Incoming Transformator 3



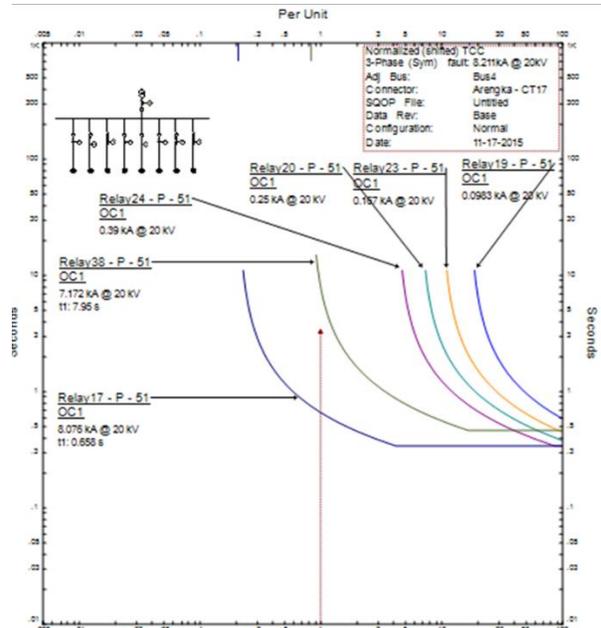
Gambar 9 Kurva OCR dan GFR Kondisi Existing Untuk Gangguan 3 Fasa 2 Fasa dan 1 Fasa ke Tanah Pada Penyulang Transformator 3



Gambar 11 Kurva OCR dan GFR Kondisi Resetting untuk Gangguan 3 Fasa 2 Fasa dan 1 Fasa ke Tanah pada Relai Incoming Transformator 3



Gambar 10 Kurva Kondisi Resetting Relai Incoming dan Penyulang Transformator 3



Gambar 12 Kurva OCR dan GFR Kondisi Resetting Untuk Gangguan 3 Fasa 2 Fasa dan 1 Fasa ke Tanah Pada Penyulang Transformator 3

IV KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Hasil perhitungan dengan data yang ada dilapangan masih dalam kondisi yang sesuai (perbedaannya tidak terlalu jauh), sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan *setting* OCR dan GFR yang ada dilapangan masih dalam kondisi baik. Untuk *setting* relai OCR dan GFR di sisi penyulang memiliki nilai yang kurang lebih sama dimana TMS untuk OCR dan GFR masing-masingnya 0,154s di perhitungan dan 0,15s di lapangan untuk OCR, dan 0,103s di perhitungan dan 0,15s di lapangan untuk GFR.
2. Kondisi pada *setting incoming* sebaiknya di *resetting* ulang karena ada *setting* relai yang sudah tidak sesuai lagi yaitu *setting* relai OCR dan GFR di sisi *incoming*, dimana TMS = 0,3s dan TMS = 0,3s dengan kata lain jika terjadi gangguan hubung singkat maka relai tersebut akan memerlukan waktu yang cukup lama untuk bekerja dengan adanya nilai $t = 0,945s$. Jadi *setting* relai OCR dan GFR sisi *incoming* yang ada dilapangan harus di *setting* kembali.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil pembahasan skripsi diatas maka saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Rekomendasi mengganti relai yang mempunyai *range* arus *pickup* dan *setting* waktu kerja yang besar dalam hal ini penulis menyarankan relai yang harus diganti relai di sisi *incoming* dan sisi penyulang, dan diharapkan pada setiap *relay* menggunakan merek yang sama agar lebih mudah dalam mensettingnya, karena setiap *relay* mempunyai *range* yang berbeda.

2. Dalam kurun waktu tertentu petugas atau operator melakukan *resetting* ulang arus *pickup* dan *setting* waktu kerja relai baik di sisi *incoming* dan sisi penyulang agar proteksi di transformator mendapatkan penyetelan optimal dan sebaiknya

Daftar Pustaka

- Gonen, Turan. 1988. Modern Power System Analysis, John Wiley And Sons Inc, Canada.
- Stevenson, Jr. William D. 1994. Analisa Sistem Tenaga, Terjemahan Ir.Kamal Idris, Erlangga, Cetakan keempat, Jakarta.
- Badaruddin, Budi Wirawan. 2014. *Setting Koordinasi Over Current Relay Pada Trafo 60 MVA 150/20 kV dan Penyulang 20 kV*. Jurnal Sinergi. Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta, Jakarta.
- Susi Irmalawati, P. 2014. Studi Pengaruh Beban Lebih Terhadap Kinerja Relai Arus Lebih Pada Transformator Daya. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang.
- Sugeng, Priyono. 2013. Koordinasi Sistem Proteksi Trafo 30 MVA Di Gardu Induk 150 KV Krapyak. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Fajar Pranayuda, Achmad Solicham, M.Toni Prasetyo. 2012. Analisis Penyetelan Proteksi Arus Lebih

- Penyulang Cimalaka Di Gardu Induk 70 KV Sumedang. Jurusan Teknik Elektro. Jurnal Media Elekrika. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang.
- Rize, Taufiq Ramadhan. 2014. Studi Koordinasi Sistem Pengaman Penyulang Trafo IV Di Gardu Induk Waru. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Eka, Setya Laksana. 2010. Analisis Koordinasi Sistem Pengaman *Incoming* dan Penyulang Transformator 3 Di GI Sukolilo Surabaya. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Ade Wahyu Hidayat, Herri Gusmedi, Lukmanul Hakim, Dikpride Despa, 2013. Analisa *Setting* Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah Pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung. Jurusan Teknik Elektro. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro. Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Irfan, Affandi. 2009. Analisa *Setting* Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.