

Studi dan Evaluasi Setting Relai Arus Lebih pada Transformator Daya di Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru

Muhammad Arif*,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: arifkilo22@gmail.com

ABSTRACT

At the substation Garuda Sakti there are four power transformer units that is 2 units of 60 MVA and 50 MVA 2 units that supply power to the entire territory of Pekanbaru. Needed a reliable protection system to overcome the problems, including short circuit and overload disorders. The amount of short circuit current that may occur on an electrical system needs to be known before the actual disturbance occurred. Therefore it is necessary to set the relay overcurrent (OCR) is good so that the relay can protect electrical equipment from current short circuit or overload.

Keyword : OCR

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini Indonesia sedang menjalankan pembangunan di segala bidang. Seiring dengan perkembangan pembangunan yang pesat maka dituntut adanya sarana dan prasarana yang mendukungnya seperti tersedianya tenaga listrik. Saat ini tenaga listrik merupakan kebutuhan yang utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Hal ini disebabkan karena tenaga listrik mudah untuk disalurkan dan dikonversikan ke dalam bentuk tenaga yang lain. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik.

Semua perusahaan listrik berupaya meningkatkan keandalan secara terus menerus. Tingkat keandalan direpresentasikan antara lain, indikator sering terjadinya pemadaman. Indikasi lama gangguan penyebab utama pemadaman adalah gangguan pada sistem tenaga listrik yang tidak dapat dihindarkan. Macam-macam gangguan adalah salah satunya gangguan hubung singkat antar fasa yaitu 3 fasa atau 2 fasa dan 1 fasa ke tanah yang bersifat sementara atau permanen yang dapat merusak peralatan.

Khususnya di gardu induk garuda sakti yang menggunakan 4 trafo, tidak bebas dari

berbagai gangguan. Oleh sebab itu diperlukan penyetelan relai yang baik agar relai dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik dari arus gangguan hubung singkat maupun beban lebih. Besarnya arus gangguan yang bisa terjadi didalam suatu sistem kelistrikan perlu diketahui sebelum gangguan yang permanen terjadi. Hal ini biasanya digunakan dalam perencanaan peralatan instalasi tenaga. Dari segi penguasaan, besarnya arus gangguan beban lebih di tiap titik di dalam jaringan juga diperlukan, diantaranya untuk menghitung penyetelan relai proteksi.

Untuk keperluan penyetelan relai proteksi, arus gangguan yang dihitung tidak hanya pada titik gangguan, tapi juga konstruksinya (arus gangguan yang mengalir ditiap cabang dalam jaringan yang menuju ke titik gangguan). Untuk itu di perlukan cara menghitung arus gangguan hubung singkat yang dapat segera membantu dalam perhitungan penyetelan dan proteksi.

Berdasarkan hal tersebut penulis mencoba untuk menulis skripsi yang berjudul *Studi evaluasi setting relai arus lebih pada transformator daya di gardu induk garuda sakti.*

Relai arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (Over Current Relay) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya

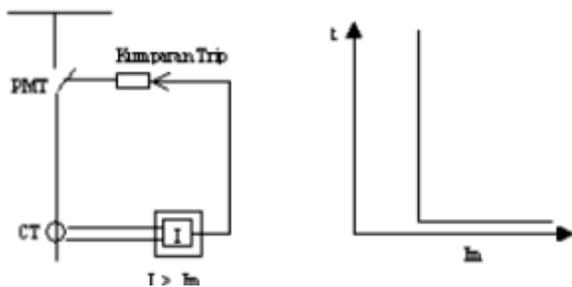
arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau overload yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya

Relai arus lebih ini dapat digunakan hampir pada seluruh pengamanan sistem tenaga listrik, lebih lanjut relai 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 definite time ataupun inverse time dapat dipakai untuk proteksi transformator terhadap arus lebih.

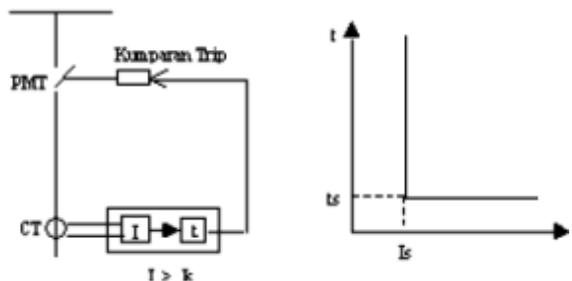
Jenis Relai Berdasarkan Karakteristik Waktu :

1. Relay arus lebih sesaat (instantaneous)



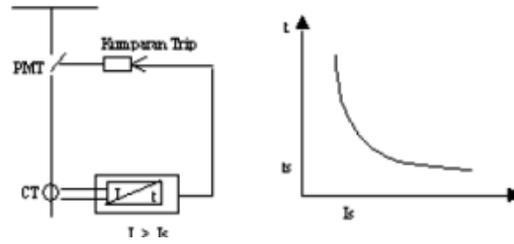
Gambar 1. Karakteristik Waktu Seketika (Instantaneous)

2. Relay arus lebih definite (definite time)



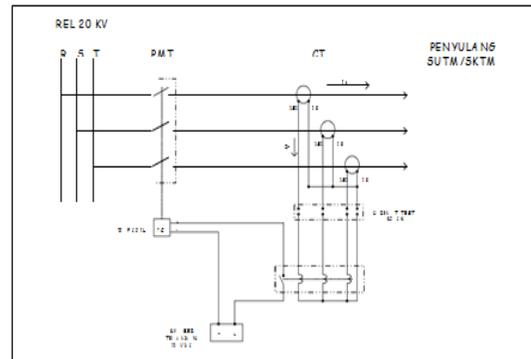
Gambar 2. Karakteristik Waktu tertentu (Definite)

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

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 ekivalen 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 $z_{0eq} = z_{t0} + 3RN + z_0(\text{penyulang})$

- 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

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

b. Gangguan hubung singkat 2 fasa

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

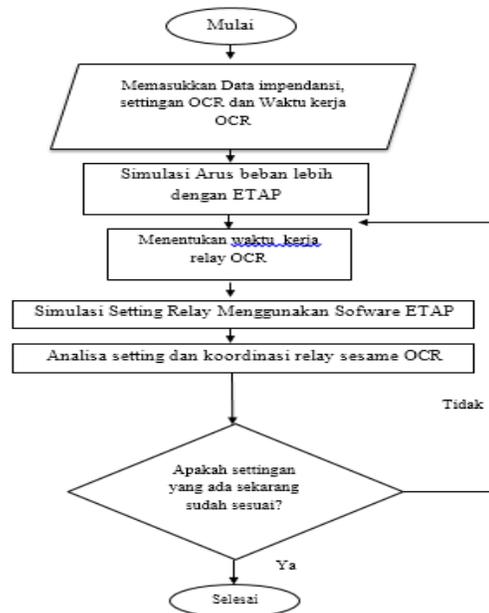
3. Menghitung Setting OCR

Menghitung setting OCR ini menggunakan rumus *Standart inverse* karena PLN Menggunakan karakteristik tipe *standart inverse*

$$TMS = \frac{0,14 \times t}{\frac{I_f^{0,02}}{I_s} - 1}$$

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 penyetapan settingan relay proteksi transformator dan penyulangannya. 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 penyetapan kondisi *existing* dari relai tersebut serta data-data tambahan yang mendukung untuk skripsi ini seperti data beban harian dan lain-lain.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Langkah kerja penelitian ini terlihat pada gambar 5 dibawah ini :

Penelitian ini dimulai dari studi literature dengan mengumpulkan literature yang berhubungan dengan proteksi relay OCR dan mengumpulkan jurnal- jurnal yang berhubungan dengan topik 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 pada gardu induk garuda sakti. Kemudian dilanjutkan dengan membandingkan hasil perhitungan dengan setelan lapangan.

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 keempat transformator tersebut.

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 penyulangnya. (Irfan Affandi, 2009)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan perhitungan arus gangguan hubung singkat (3 fasa, dan 2 fasa) dan penyetelan OCR (setelan arus dan setelan TMS) di empat Trafo serta analisa. Setelah itu penulis akan membandingkan hasil perhitungan dan setelan di lapangan.

3.1 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

3.1.1 Menghitung Impedansi Sumber

MVA hubung singkat = 3,117 MVA

Maka impedansi sumber (X_s) adalah:

$$X_s(\text{sisi } 150 \text{ kv}) = \frac{150^2}{3,117} = 7,21 \text{ohm}$$

Untuk mengetahui impedansi di sisi sekunder, yaitu di bus sisi 20 kV maka:

$$X_s(\text{sisi } 20 \text{ kv}) = \frac{20^2}{150^2} \times 7,21 = 0,128 \text{ohm}$$

3.1.2 Menghitung Reaktansi Trafo

Besarnya reaktansi transformator 1 dan 2 di GI Garuda sakti adalah:

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

Besarnya reaktansi transformator 3 dan 4 di GI Garuda sakti adalah:

$$X_t(\text{pada } 100\%) = \frac{20^2}{60} = 6,66 \text{ohm}$$

Nilai reaktansi transformator tenaga 1 dan 2:

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

$$X_t = 12,55\% \times 6,66 = 1,004 \text{ ohm}$$

- 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 $X_{t0} = 10 \times 1,004 = 10,04 \text{ohm}$.

Nilai reaktansi transformator tenaga 3 dan 4:

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

$$X_t = 12,55\% \times 6,66 = 0,84 \text{ ohm}$$

- 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 $X_{t0} = 10 \times 0,84 = 8,4 \text{ ohm}$.

3.1.3 Menghitung Impedansi penyulang

Dari data yang diperoleh bahwa jenis penghantar yang digunakan pada penyulang-penyulangnya hanya menggunakan satu buah tipe kabel yaitu XLPE 240 mm². Panjang penyulang = 5 km, jadi jenis penghantar XLPE 240 mm² panjang 5 km.

$Z1 = Z2$ (XLPE 240) = $(0,125 + j0,097)\text{ohm} \times 5$
 $\text{km} = 0,625 + 0,485\text{ohm}$

$Z0 =$ (XLPE 240) = $(0,275 + j0,029)\text{ohm} \times 5$
 $\text{km} = 1,375 + 0,145\text{ohm}$

Dengan demikian nilai impedansi penyulang-penyulang untuk lokasi gangguan dengan jarak 0%, 25%, 75%, dan 100% panjang penyulangnya.

3.1.4 Menghitung Arus Gangguan

Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat 3 fasa

$$I_{3\text{fasa}} = \frac{v_{ph}}{Z_{1eq}} = \frac{20000 / \sqrt{3}}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{Z_{1eq}}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan titik gangguan hubung singkat dari 0% sampai kondisi 100%.

Gangguan hubung singkat 2 fasa

$$I_{2\text{fasa}} = \frac{v_{ph-ph}}{2 \times z_{1eq}} = \frac{20000}{2 \times Z_{1eq}}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan titik gangguan hubung singkat 0% sampai kondisi 100%.

Dengan hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat (3 fasa, 2 fasa) dapat digunakan untuk penyetelan OCR. 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 trafo 1 dan 2

Panjang penyulang (%)	Jarak	Arus Hubung Singkat (A)	
		3 Fasa	2 Fasa
0	0	10200,53	8833,92
25	1,250	9215,48	7980,94
50	2,500	8403,93	7278,02
75	3,750	7723,74	6688,96
100	5,000	7141,00	6184,29

Tabel 2. Perhitungan arus gangguan hubung singkat trafo 3 dan 4

Panjang penyulang (%)	Jarak	Arus Hubung Singkat (A)	
		3 Fasa	2 Fasa
0	0	11928,72	10330,57
25	1,250	10496,16	9088,94
50	2,500	9219,28	7977,97
75	3,750	8184,25	7087,77
100	5,000	7300,28	6322,24

3.2 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai

Tabel 3. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa Trafo 1

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,297	0,684	0,384
25%	0,306	0,723	0,417
50%	0,315	0,763	0,448
75%	0,324	0,803	0,479
100%	0,333	0,844	0,511

Tabel 4. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa trafo 1

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,310	0,741	0,431
25%	0,321	0,787	0,466

50%	0,331	0,834	0,503
75%	0,340	0,881	0,541
100%	0,350	0,932	0,582

Tabel 5. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa Trafo 2

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,293	0,684	0,391
25%	0,301	0,723	0,422
50%	0,310	0,763	0,453
75%	0,318	0,803	0,485
100%	0,325	0,844	0,519

Tabel 6. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa trafo 2

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,305	0,741	0,436
25%	0,315	0,784	0,469
50%	0,323	0,834	0,511
75%	0,330	0,881	0,55
100%	0,341	0,93	0,589

Tabel 7. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa Trafo 3

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,31	0,694	0,384
25%	0,32	0,74	0,42
50%	0,33	0,8	0,47
75%	0,34	0,87	0,53
100%	0,35	0,94	0,59

Tabel 8. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa trafo 3

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,32	0,75	0,43
25%	0,33	0,81	0,48
50%	0,34	0,88	0,54
75%	0,355	0,96	0,61
100%	0,367	1,05	0,68

Tabel 9. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa Trafo 4

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,31	0,694	0,384

25%	0,32	0,74	0,42
50%	0,33	0,8	0,47
75%	0,34	0,871	0,53
100%	0,35	0,94	0,59

Tabel 10. Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa trafo 4

%Panjang	Waktu Kerja Relai Penyulang (detik)	Waktu Kerja Relai Incoming (detik)	Selisis Waktu / Grading Time (detik)
0%	0,30	0,75	0,45
25%	0,316	0,81	0,497
50%	0,328	0,88	0,552
75%	0,340	0,96	0,64
100%	0,350	1,05	0,7

3.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Data di Lapangan

Tabel 4. Perbandingan hasil perhitungan dengan hasil data di lapangan

No	Nama Relai	Data Hasil Perhitungan	Data Lapangan
1	OCR (sisi incoming)	TMS = 0,19s Rasio CT = 2000/5 t = 0,684s	TMS = 0,23s Rasio CT = 2000/5 t = 0,945s
	OCR (sisi penyulang)	TMS = 0,15s Rasio CT = 2000/5 t = 0,297s	TMS = 0,15s Rasio CT = 2000/5 t = 0,340s

2	OCR (sisi incoming)	TMS = 0,19s Rasio CT = 2000/5 t = 0,684s	TMS = 0,23s Rasio CT = 2000/5 t = 0,945s
	OCR (sisi penyulang)	TMS = 0,16s Rasio CT = 800/5 t = 0,293s	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5 t = 0,340s
3	OCR (sisi incoming)	TMS = 0,19s Rasio CT = 2000/5 t = 0,694s	TMS = 0,23s Rasio CT = 2000/5 t = 0,821s
	OCR (sisi penyulang)	TMS = 0,18s Rasio CT = 800/5 t = 0,31s	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5 t = 0,423s
4	OCR (sisi incoming)	TMS = 0,19s Rasio CT = 2000/5 t = 0,684s	TMS = 0,23s Rasio CT = 2000/5 t = 0,821s
	OCR (sisi penyulang)	TMS = 0,17s Rasio CT = 800/5 t = 0,31s	TMS = 0,1s Rasio CT = 800/5 t = 0,423s

IV KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Untuk *setting* relai OCR di sisi penyulang memiliki nilai yang hampir sama dimana TMS untuk OCR di trafo 1 dan 2 masing-masingnya 0,15s dan 0,16 di perhitungan dan 0,15s dan 0,1s di lapangan untuk OCR. Tetapi untuk *setting* relai OCR di sisi *incoming* sedikit berbeda dari data di lapangan, diperhitungan nilai TMS = 0,19s untuk trafo 1 dan 2 sementara nilai TMS = 0,23s yang diterapkan pada trafo 1 dan 2, Namun perbedaan nilai TMS tidak terlalu jauh (masih dalam kondisi yang baik).

2. Untuk *setting* relai OCR di sisi penyulang memiliki nilai yang hampir sama dimana TMS untuk OCR di trafo 3 dan 4 masing-masingnya 0,18s dan 0,17 di perhitungan dan 0,1s dan 0,1s di lapangan untuk OCR. Tetapi untuk *setting* relai OCR di sisi *incoming* sedikit berbeda dari data di lapangan, diperhitungan nilai TMS = 0,19s untuk trafo 3 dan 4 sementara nilai TMS = 0,23s yang diterapkan pada trafo 3 dan 4, Namun perbedaan nilai TMS tidak terlalu jauh (masih dalam kondisi yang baik).

4.2 Saran

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

1. 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 Elektrika. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang.
- 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.