

ANALISA PERHITUNGAN *SETTING OVER CURRENT RELAY* PADA TRANSFORMATOR DAYA AREA LUKIT DI EMP MALACCA STRAIT SA

Oleh:

Zulkarnaini, *, Saiful**

*Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri

**Mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas teknologi Industri

Institut Teknologi Padang

Jl. Gajah Mada, Kandis Nanggalo, Padang E-mail. zulkarnainieva@gmail.com

RINGKASAN

Transformator Daya merupakan suatu peralatan yang sangat vital yang berfungsi menyalurkan energy listrik dari tegangan tinggi ketegangan rendah ataupun sebaliknya dan tidak pernah lepas dari gangguan. Adanya gangguan yang terjadi pada transformator dapat menghambat proses penyaluran energy listrik kepemakai (konsumen). Karena itu, system proteksi yang handal sangat dibutuhkan untuk melindungi transformator dari gangguan hubungan singkat yang diamankan oleh Over Current Relay yang digunakan adalah type SPAJ 140 C merupakan tipe salah satu relay proteksi cadangan yang digunakan oleh EMP Malacca Strait SA untuk menjaga transformator (PT-110) dengan rating tegangan 13.8/0.48 kV dengan daya 1250KVA dari gangguan hubungan singkat. Penelitian ini adalah untuk mendapatkan settingan dari Over Current Relay yang disebabkan oleh gangguan pada transformator daya yang digunakan . Dari hasil penelitian didapatkan besar arus gangguan fasa ketanah yang mengalir sebesar 9375 A dan setting waktu Over Current Relay 0.24 detik. Nilai arus gangguan yang mengalir pada transformator tersebut merupakan nilai yang besar, maka relay OCR pun bekerja diwaktu yang cepat.

Kata kunci : Proteksi, beban lebih, dan Setting OCR.

ABSTRACT

Power transformer is a device that is extremely vital that serves to channel high-voltage electrical energy TO low -voltage or vice versa and never separated from interference . A disturbance that occurs in the transformer may hamper the process of distribution of electric energy to consumers. Therefore , a reliable system of protection is needed to protect transformator of short circuit interference that is secured by Over Current Relay SPAJ used is type 140 C is one of the types of protection relays reserves.Used by Malacca Strait SA to keep the transformer PT-101 with a voltage rating 13.8/0.48 kV with power 1250 kVA from short circuit faulted. This research is to have setting of Over Current Relay caused by disturbances in the power transformer is used. From the results, a large ground -phase fault current that flows amounted to 9375 A and Over Current Relay setting time is 0:24 seconds. Value of fault current flowing in the transformer is a great value , then the relay OCR was working at a time when rapid .

Keyword. Protection, Over load, and Setting OCR

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik sudah semakin meningkat dalam menunjang perkembangan yang sedang giat dilaksanakan di Indonesia, terutama dibagian industri. banyak perusahaan-perusahaan yang memproduksi segala kebutuhan manusia dari kebutuhan primer sampai sekunder, salah satunya EMP Malacca Strait S.A yang memproduksi minyak mentah dan gas, bekerjasama dengan pihak pertamina.

Transformator adalah merupakan matarantai terpenting dalam penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik. Seiring dengan semakin meningkatnya permintaan energy listrik maka keandalan transformator dengan sendiri harus ditingkatkan mengikuti bertambah besarnya daya listrik yang dibutuhkan.

Agar peralatan listrik terhindar dari kerusakan dan kebakaran terutama pada transformator maka salah satu caranya

dengan mensetting ulang relay *Over Current Relay* (OCR) yang ada pada area lukit EMP Malacca Srait SA di kabupaten Siak Sri Indrapura Provinsi Riau. Untuk mengatasi permasalahan diatas maka perlu dilakukan Analisa Setting OCR pada Transformator daya area lukit di EMP Malacca Srait SA tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Studi Literatur

Dalam penelitian ini penulis mengambil referensi dari beberapa buku teksbook dan dari hasil penelitian-penelitian sebelumnya, adalah sebagai berikut.

Prayoga Setiajie (2010) dalam penelitiannya tentang Evaluasi *Setting Relay* Arus Lebih Dan *Setting Relay* Gangguan Tanah Pada Gardu Induk Sronдол. Hasil penelitiannya adalah dibahas evaluasi antara *setting* OCR dan GFR sebelum dan sesudah penambahan SRL 06 pada Gardu Induk Sronдол. Hasil perbandingan antara perhitungan dan data terpasang pada Gardu Induk Sronдол mendekati sama. Hasil perhitungan dari *setting* OCR pada sisi *incoming* didapat nilai TMS = 0.258. Sedangkan *setting* OCR pada sisi *outgoing* didapat nilai TMS = 0.224. Penyetelan GFR pada sisi *incoming* didapat nilai TMS = 0.423. Sedangkan *setting* GFR pada sisi *outgoing* didapat nilai TMS = 0.287. Ini menunjukan bahwa *setting* yang terpasang pada Gardu Induk Sronдол masih dalam kondisi baik.

Badaruddin, Budi Wirawan dalam penelitiannya mengenai tentang Setting Koordinasi Over Current Relay Pada Trafo 60 MVA 150/20 KV Dan Penyulang 20 KV. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai setting relai untuk nilai arus lebih pada penyulang 20 kV adalah 720 A (primer) / 6A (sekunder) dan pada relai gangguan tanah adalah 120 A (primer) / 1 A (sekunder), nilai setting relai arus lebih pada incoming trafo 20 KV adalah 2078 A (primer) / 5.19 A (sekunder) dan pada relai gangguan tanah 346.4 A (primer) / 0.86 A (skunder), nilai setting relai arus lebih pada trafo sisi 150 KV adalah 277.12 A (primer) / 0.92 A (sekunder) dan relai gangguan tanah 115.47 A (primer) / 0.38 A (sekunder).

Akbar Kurnia Octavianto meneliti tentang Analisis Perbaikan *Drop Voltage* Dengan Penggantian Kabel Penampang dan

Evaluasi Koordinasi OCR-Recloser (Studi Kasus Pada Penyulang Kalisari 1 dan 2 GI Kalisari-Semarang). Dari hasil simulasi drop tegangan didapatkan hasil sebelum dan sesudah perbaikan. Sampel bus yang diambil dibandingkan rata-rata tegangan naik setelah dilakukan perbaikan, pada penyulang Kalisari 1 nilai kenaikan tegangan yang terendah 0.035 KV pada bus 6 dan yang tertinggi 0.131 KV dibus 138, pada penyulang Kalisari 2 kenaikan tegangan dari yang terendah 0.001 KV pada bus 2 dan yang tertinggi 0.01 KV di bus 125. Pada simulasi OCR dengan data eksisting PLN dari hasil simulasi terlihat optimal hanya saja masih perlu perbaikan untuk penyempurnaan. Nilai waktu pemutusan relay 7 penyulang. Kalisari 1 simulasi eksisting PLN 567 ms dan simulasi hitung yaitu 800 ms. Sedangkan untuk Kalisari 2 simulasi eksisting PLN yaitu 400 ms dan pada simulasi hitung yaitu 800 ms.

Rudianto Putra Pratama pada penelitiannya tentang Perancangan Sistem Proteksi (*Over Current* dan *Ground Fault Relay*) Untuk Koordinasi Pengaman Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban IV. Hasil Tugas Akhirnya adalah untuk tipikal 1 direkomendasikan untuk memilih Rele merk ABB REF 451 karena rele 824.MV122-CB2 digunakan sebagai rele *beck-up* mempunyai *time difference* dengan *inverse* rele 824.MV121-CB2 sebesar 0.274s sedangkan Merk Merlin Gerin mempunyai *time difference* sebesar 0.552s, untuk tipikal 2 direkomendasikan untuk memilih Rele merk Merlin Gerin Sepam1000 karena rele 824.MV132-CB3 yang digunakan sebagai rele *beck-up* mempunyai *time difference* dengan *inverse* rele 824.MV131-CB3 sebesar 0.3s sedangkan Merk Merlin Gerin mempunyai *time difference* sebesar 0.17s, untuk tipikal 2 direkomendasikan untuk memilih Rele merk Merlin Gerin Sepam1000 karena rele 824.MV142-CB5 yang digunakan sebagai rele *beck-up* mempunyai *time difference* dengan *inverse* rele 824.MV141-CB5 sebesar 0.34s sedangkan Merk ABB mempunyai *time difference* sebesar 0.417s.

Zulkarnaini dan Mohammad Iqbal dalam Penelitian Tentang Perhitungan Koordinasi Relay Proteksi OCR / GFR dengan Menggunakan Software Mathcad Pada Trafo Daya Unit II 20 Mva GI Salak, didapatkan hasil penelitian OCR/GFR sisi incoming merk Siemens type Reyrolle 7SR1206 adalah

CT 1000/5, $I_{nom\ trafo}$ 577.35 A, $I_{set\ sek}$ 3.2 A, $I_{set\ prim}$ 635.085 A, TMS 0.26 (SI-IEC), Higt Set OCR dengan $I_{set\ sek}$ 11.55 A, $I_{set\ prim}$ 2309 A, Tap Setting $2.31 \times I_n$, TMS 0.4 (Definite) dan GFR $I_{set\ sek}$ 0.57 A, $I_{set\ prim}$ 114 A, TMS 0.13 (SI-IEC) sedangkan OCR/GFR sisi outgoing merk Siemens type Reyrolle 7SR11031 adalah OCR (51S) dengan CT 300/5, I_n 5A, $I_{set\ sek}$ 5.5 A, $I_{set\ prim}$ 330 A, Tap Setting $1.1 \times I_n$, TMS 0.11 (SI-IEC), Higt Set OCR dengan $I_{set\ sek}$ 30.8 A, $I_{set\ prim}$ 1847.52 A, Tap Setting $1847.52 \times I_n$, TMS 0 (Instan) dan GFR (Residual Current) $I_{set\ sek}$ 0.47 A, $I_{set\ prim}$ 28.5 A, Tap Setting $0.094 \times I_n$, TMS 0.1 (SI-IEC) dan OCR/GFR sisi 150 KV merk Siemens type Reyrolle 7Sj8011 adalah $I_{nom\ trafo}$ 76.98 A, dengan $I_{set\ sek}$ 3.1 A, $I_{set\ prim}$ 92.38 A, Tap Setting $0.62 \times I_n$, TMS 0.38 (SI-IEC) dan GFR (Residual Current) $I_{set\ sek}$ 0.9 A, $I_{set\ prim}$ 23 A, Tap Setting $0.16 \times I_n$, TMS 0.44 (SI-IEC).

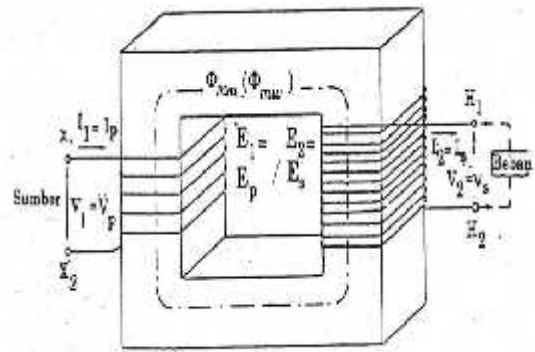
Penelitian yang akan penulis lakukan ini adalah menganalisa perhitungan *Setting Over Current Relay* (OCR) pada Transformator daya area lukit di EMP Malacca Strait SA Kabupaten Siak-Riau.

2.2 Landasan Teori

2.2.1. Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik statis yang dipergunakan untuk mengubah tegangan bolak balik (AC) menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dan digunakan untuk memindahkan energi dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya tanpa merubah frekuensi. Transformator disebut peralatan statis karena tidak ada bagian yang bergerak atau berputar, tidak seperti motor ataupun generator.

Prinsip kerja suatu transformator adalah induksi bersama (*mutual induction*) antara dua rangkaian yang dihubungkan oleh fluks magnet. Dalam bentuk yang sederhana, transformator terdiri dari dua buah kumparan yang secara listrik terpisah tetapi secara magnet dihubungkan oleh suatu alur induksi. Kedua kumparan tersebut mempunyai *mutual induction* yang tinggi. Jika salah satu kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, fluks bolak-balik timbul di dalam inti besi yang dihubungkan dengan kumparan yang lain menyebabkan atau menimbulkan ggl (gaya gerak listrik) induksi (sesuai dengan induksi elektromagnet) dari **Hukum Faraday**.



Gambar1. Rangkaian Transformator

Berdasarkan hukum Faraday yang menyatakan *magnitude* dari *electromotive force* (emf) *proporsional terhadap perubahan fluks terhubung* dan hukum Lenz yang menyatakan *arah dari emf berlawanan dengan arah fluks sebagai reaksi perlawanan dari perubahan fluks tersebut* didapatkan persamaan :

$$e = - \left(\frac{d\psi}{dt} \right) \dots \dots \dots (1)$$

e : emf sesaat (*instantaneous emf*)

Φ : fluks terhubung (*linked flux*)

Dan pada transformer ideal yang dieksitasi dengan sumber sinusoidal berlaku persamaan:

$$E = 4,44 \cdot \Phi_m \cdot N \cdot f \dots \dots \dots (2)$$

E : Tegangan (rms)

Φ_m : fluks puncak (*peak flux*)

N : jumlah lilitan

f : frekuensi

Dan persamaan:

$$\frac{E1}{E2} = \frac{N1}{N2} \dots \dots \dots (3)$$

2.2.2 Peralatan Proteksi

Relai Arus Lebih (*Over Current Relay*) bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman yang telah ditentukan dan dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Relai arus lebih akan pick up jika besar arus melebihi nilai setting. Pada proteksi transformator daya, relai arus lebih digunakan sebagai tambahan bagi relai differensial untuk memberikan tanggapan terhadap gangguan luar. Relai ini digunakan untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan hubung singkat antar fasa, hubung singkat satu fasa ke tanah dan beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih.

Hubungan antara Arus terhadap waktu untuk beberapa karakteristik di atas ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$t = \frac{K \times (TMS)}{(I/I_s)^{\alpha} - 1} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

K : Karakteristik Inverse

t : Waktu dalam detik

I : Arus gangguan

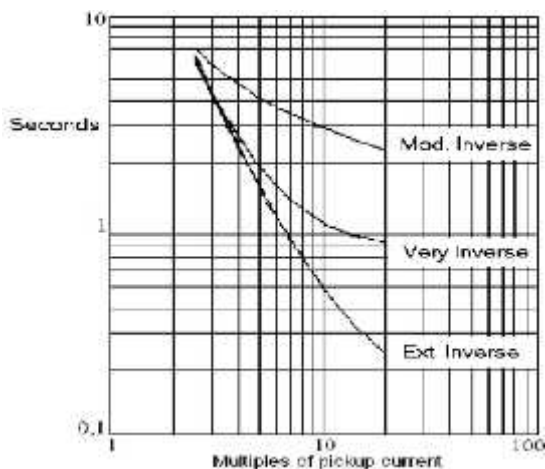
I_s : Arus seting

TMS : Time Multiplier Setting

K dan α untuk setiap karakteristik besarnya seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Karakteristik waktu-arus lebih

Karakteristik	K	α
Standard Inverse	0.14	0.02
Very Inverse	13.5	1.00
Extremely Inverse	80.0	2.00
Long Time Inverse	120.0	1.00



Gambar 2. Karakteristik Inverse.

Perhitungan Kinerja OCR

Arus setting OCR adalah sebagai berikut :

$$I_{set \text{ OCR}} = I_{set} \times I_n \dots\dots\dots(5)$$

I_n = Arus nominal

Perhitungan waktu kerja OCR dengan cara :

$$t = \frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{\alpha} - 1} \times TMS \dots\dots\dots(6)$$

I_f : Arus gangguan yang mengalir pada transformator (A)

I_{set} : Arus setting OCR (A)

TMS : Time Multiplier Setting

α : 0,02

3. Metodologi

Penelitian ini merupakan menganalisa besar arus gangguan yang terjadi pada Area Lukit akibat dari beban lebih (*Over Load*), akibat dari beban lebih akan mempengaruhi sistem kerja relay.

Salah satu cara untuk menganalisa bekerjanya *Over Current Relay* akibat dari beban lebih pada Area Lukit di EMP Malacca Strait SA, untuk studi kasus ini penulis menggunakan sirmulasi ETAP PowerStation 7.0.0

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) Power Station 7.0.0 merupakan software yang digunakan untuk melakukandesain/perancangan sistem kelistrikan yang ada disuatu industri. ETAP mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi sistem tenaga listrik, dan *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Salah satu fitur yang ada pada ETAP PowerStation 7.0.0 yang penulis gunakan adalah koordinasi sistem proteksi tenaga listrik.

Dalam penelitian ini penulis memilih lokasi pada pengoperasian Area Lukit sebagai salah satu sumber pengeboran minyak mentah dikabupaten Siak, dengan kajian menganalisa *Setting Over Current Relay* pada Transformator Daya dengan menghitung besar beban lebih atau arus lebih.

Untuk mengkaji tentang pengaruh beban lebih terhadap kinerja *Over Current Relay* pada Transformator Daya area lukit di EMP Malacca Strait SA, data-data yang diperlukan terdiri dari :

- Kapasitas pada pembangkit.
- Kapasitas Transformator Daya.
- Daya pada beban.
- Setting Relay OCR yang digunakan pada area lukit.

3.1 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Penelitian dengan melakukan observasi langsung kelapangan. Data-data yang didapat berdasarkan kinerja dan setting dari *Over Current Relay* pada transformator daya area lukit.
- Penelitian kepustakaan dengan membaca dan mempelajari buku-

buku atau hasil dari penelitian yang telah dilakukan orang lain.

3.2 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan pada metode penelitian ini adalah menggunakan Eart Tester (Meger) dengan merek kyoritsu dan menggunakan Digital Multi-tester dikarenakan bisa membantu penulis menentukan tegangan yang dikeluarkan, juga menggunakan Kyoritsu 2009R AC/DC Digital Clamp Meter (2000A) untuk menentukan Arus Keluaran dan menggunakan sirmulasi ETAP 7.0.0 supaya lebih memperlancar proses pemograman.

3.3 Metode Analisa Data

Dalam penulisan laporan ini metode perhitungan dijelaskan pada BAB II. Metode analisa data adalah dengan menggunakan data-data yang ada d area lukit.

- Menentukan nilai parameter-parameter sesuai dengan kondisi yang ada.
- Pengamatan hasil analisa akibat beban lebih (*over load*) terhadap kinerja *Over Current Relay* pada Transformator daya.

Penerapan pemodelan kedalam programan ETAP PowerStation 7.0.0.

4. Hasil dan Pembahasan

Data dari penelitian yang akan dianalisa adalah data dari Single Line Diagram Area Lukit EMP Malacca Strait SA, yang diawali dengan perhitungan beban maksimum, menghitung arus gangguan yang mengalir pada Transformator Daya pada keadaan normal, serta menghitung arus dengan pembebanan yang di tetapkan adalah sebesar 110%.

Data Generator dan Transformator

Daya Area Lukit

- Generator Turbin = 2.8 MW
- Transformator DayaType: PT-110
Rated capacity : 1250 KVA

Phase : 3 phasa
Frequency : 50 hz
Impedance : 5 %
HV/ LV : 13800 V-Delta/480 V-Star
Cooling System : ONAN
Temp. Rise Max Of Oil : 60°C
Temp. Rise Max Of Winding : 65°C

Data Beban pada Area Lukit

- Beban (P) = 670 HP

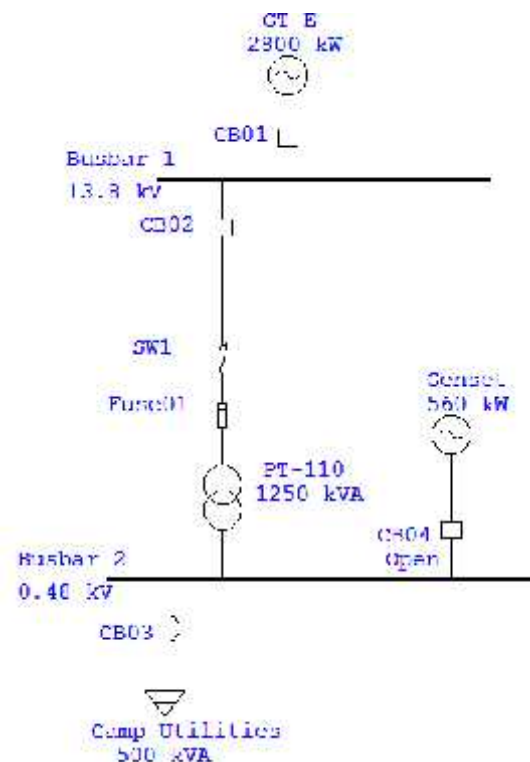
b. *Over Current Relay*

Tabel 2 Data pada *OCR / GFR*

Merk	SPAJ 140C
Pabrik	ABB
Rasio CT	200/5
Arus Setting (Iset)	0,5 x In
TMS	0.22
Kurva	Standar Inverse

4.1 Singe Line Diagram Menggunakan

ETAP 7.0.0

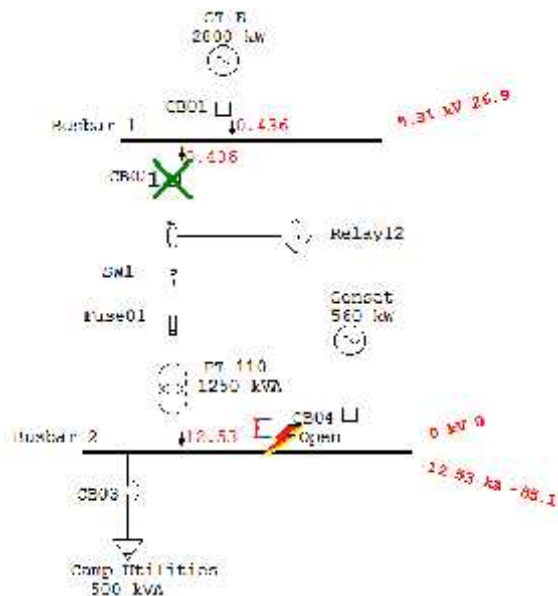


Gambar 3. Singe Line Diagram area lukit dengan ETAP 7.0.0

Dengan kapasitas pada GT-E 2800 KW pada tegangan primer sebesar 13800 KV dan tegangan sekunder 480 volt, kapasitas pada PT-110 adalah 1250 KVA, dengan beban pada camp utilities sebesar 500 KW setara dengan 670 HP dan ada penambahan Genset sebesar 650 KW jika terdapat penambahan beban.

Untuk menentukan arus dari simulasi Load Flow Analysis dan untuk

running maka didapatkan arus yang mengalir dari pembangkit sebesar 20.5 Ampere dan tegangan 13800 Volt dan arus dari transformator beban sebesar 590.1 Ampere dan tegangannya didapatkan 478.6 secara perhitungan tegangannya adalah 480 volt.



Gambar 4 Simulasi *Short circuit* pada rangkaian

Jika terjadi gangguan short circuit pada Bus 2 maka CB02 otomatis memerintahkan untuk Trip. Arus yang mengalir pada transformator sebesar 13.1 KA – 85 dengan tegangan 0 KV dan relay yang akan bekerja berdasarkan arus settingnya, jika arus setting melebihi arus normalnya maka relay *over current* akan memerintahkan CB02 untuk lepas dan arus yang mengalir dari pembangkit hanya sebesar 456 ampere dengan tegangan sebesar 5.55 KV.

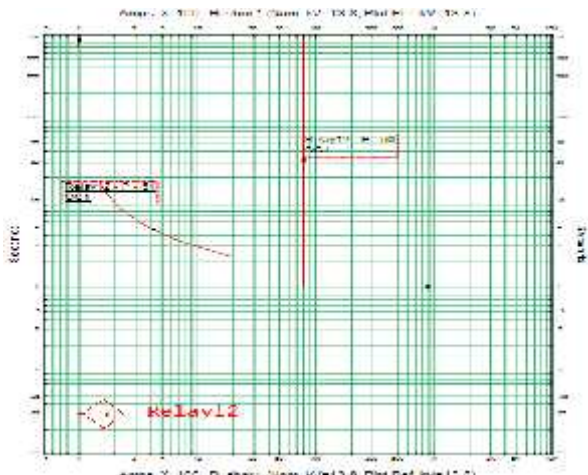
Hasil *Short Circuit Report* didapatkan hasil simulasi arus hubung singkatnya adalah sebesar 12.531 KA.

Tabel 3. 16 Hasil *Short Circuit Report* pada ETAP

SHORT-CIRCUIT REPORT

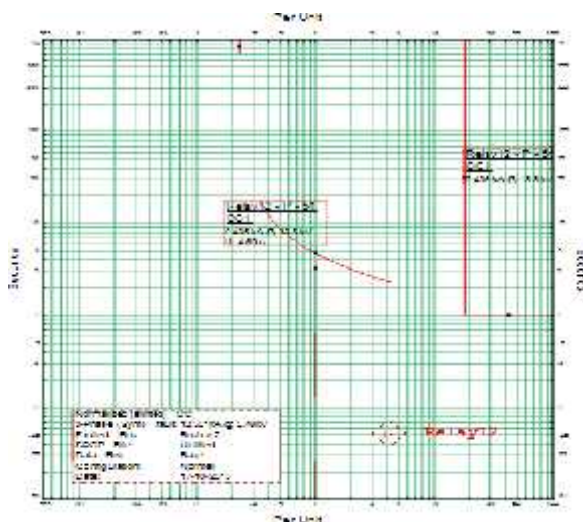
Busbar: Busbar
Fault: F
Magnitude: 12.531 kA

Order		Area		Line		From Bus		To Bus		Length (km)		Phase		Impedance (pu)		Capacity (MW)		Capacity (MVA)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	1	2	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2	1	2	3	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
3	1	3	4	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
4	1	4	5	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
5	1	5	6	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
6	1	6	7	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
7	1	7	8	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	1	8	9	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
9	1	9	10	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
10	1	10	11	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
11	1	11	12	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
12	1	12	13	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
13	1	13	14	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
14	1	14	15	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
15	1	15	16	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
16	1	16	17	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
17	1	17	18	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
18	1	18	19	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
19	1	19	20	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
20	1	20	21	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
21	1	21	22	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
22	1	22	23	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
23	1	23	24	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
24	1	24	25	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
25	1	25	26	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
26	1	26	27	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
27	1	27	28	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
28	1	28	29	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
29	1	29	30	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
30	1	30	31	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
31	1	31	32	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
32	1	32	33	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
33	1	33	34	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
34	1	34	35	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
35	1	35	36	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
36	1	36	37	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
37	1	37	38	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
38	1	38	39	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
39	1	39	40	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
40	1	40	41	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
41	1	41	42	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
42	1	42	43	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
43	1	43	44	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
44	1	44	45	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
45	1	45	46	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
46	1	46	47	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
47	1	47	48	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
48	1	48	49	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
49	1	49	50	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
50	1	50	51	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
51	1	51	52	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
52	1	52	53	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
53	1	53	54	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
54	1	54	55	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
55	1	55	56	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
56	1	56	57	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
57	1	57	58	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
58	1	58	59	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
59	1	59	60	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
60	1	60	61	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
61	1	61	62	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
62	1	62	63	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
63	1	63	64	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
64	1	64	65	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
65	1	65	66	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
66	1	66	67	10	100	0.001	0.001	0.001	0.001										



Gbr 6. Grafik sistem koordinasi *setting relay* OCR

Dari grafik diatas didapatkan *setting relay* OCR sebelum hasil simulasi sebesar 4.8 detik dan melewati garis arus sebesar 4.2×100 ampere pada bus 1 adalah sebesar 420 ampere.



Gbr 7. Grafik sistem koordinasi *setting relay* OCR setelah terjadinya gangguan pada Bus2

Hasil dari grafik setelah terjadinya gangguan *Over Current Relay*, maka grafik relay 12-P-51 diatas dijelaskan bahwa jika terjadi gangguan selama t_1 4.69 detik maka arus yang mengalir sebesar 0.463 KA dengan tegangan pada pembangkit sebesar 13.8 KV.

Perbandingan perhitungan arus lebih dengan menggunakan software ETAP 7.0.0 dengan perhitungan secara manual

Dari hasil simulasi dengan menggunakan ETAP 7.0.0 maka didapatkan hasil arus yang mengalir pada Transformator daya sebesar 13.099 KA, sedangkan dengan

secara manual dan perhitungan secara manual adalah Sebesar 9375 Ampere. Dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 4.2 Perbandingan Perhitungan Arus Lebih

Software ETAP 7.0.0	Perhitungan Secara Manual	Selisih
12.53 KA	9.375 KA	3.742 KA

Analisa

Dari perhitungan arus lebih yang mengalir pada transformator sebesar 9375 ampere dengan beban maksimum yang diperoleh dari pembangkit pada transformator adalah 4050 KW dan dengan *setting relay* OCR didapatkan dalam waktu 0.24 detik, jika gangguan yang terjadi pada transformator melebihi nilai *setting* maka waktu kinerja relay OCR sangat cepat untuk memerintahkan PMT/CB untuk Lepas (trip).

5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa pada penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini adalah :

1. Untuk menghitung *setting* waktu relay digunakan arus hubung singkat, sedangkan untuk menghitung arus *setting* digunakan arus nominal/arus beban puncak.
2. Arus gangguan yang terjadi pada transformator daya (PT-110) area lukit adalah sebesar 9375 Ampere dengan kapasitas pada transformator (S) adalah sebesar 1250 KVA.
3. Setelah dilakukan analisa *setting* OCR SPAJ 140C maka didapatkan arus gangguan yang mengalir pada transformator daya (PT-110) area Lukit adalah sebesar 9375 Ampere dengan *setting* waktu kinerja OCR sebesar 0.24 detik.
4. Maka OCR type SPAJ 140C sangat efektif digunakan pada sebagai pengaman pada transformator.

Daftar Pustaka

1. Akbar Kurnia Octavianto, “**Analisis Perbaikan Drop Voltage Dengan Penggantian Kabel Penampang dan Evaluasi Koordinasi OCR-Recloser (Studi Kasus Pada Penyulang Kalisari 1 dan 2 GI Kalisari-Semarang)**” Universitas Diponegoro - Semarang.
2. Anderson, P.M, “*Power System Protection*“ IEEE, PRESS, 1999
3. Badaruddin, Budi Wirawan, “**Setting Koordinasi Over Current Relay Pada Trafo 60 MVA 150/20 KV Dan Penyulang 20 KV**” Universitas Mercu Buana - Jakarta.
4. Black Burn, J. Lewis, *Protective Relaying Principles and Application*, Elektrical Engineering and Elektronics 1987.
5. Edy Supriyadi, 2000. **Sistem Proteksi Tenaga Listrik**. Yogyakarta: Adi Cita.
6. IEEE Power Engineering Society, *Aplication and coordination of recloser, sectionalizer and fuse*, New york, 1980.
7. Napitupulu,Eden, Ir, **Relay Proteksi jilid 1**, PLN Pembangkitan Jawa Barat dan Jakarta Raya.
8. Prayoga Setiajie, 2010. “**Evaluasi Setting Relay Arus Lebih Dan Setting Relay Gangguan Tanah Pada Gardu Induk Spondol**” Universitas Diponegoro – Semarang.
9. Rudianto Putra Pratama, “**Perancangan Sistem Proteksi (Over Current dan Ground Fault Relay) Untuk Koordinasi Pengaman Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban IV**”, Institut Teknologi Sepuluh November.
10. Sumanto, “**Teori Transformator**, Andi Offset Yogyakarta”.
11. Susi Irmalawati Panjaitan, “**Studi Pengaruh Beban Lebih Terhadap Kinerja Relai Arus Lebih Pada Transformator Daya di Gardu Induk Batu Besar PLN Batam**” Universitas Maritim Raja Ali Haji – Tanjung Pinang.
12. Warsito, Adhi. “**Analisis Evaluasi Setting Relay OCR Sebagai Proteksi Pada Jaringan Distribusi Dengan Pembangkitan Terdistribusi (Studi Kasus Pada Penyulang BSB 4, Kendal - Jawa Tengah)**” Teknik Elektro Universitas Diponegoro. 2013
13. Zulkarnaini dan Mohammad Iqbal, “**Perhitungan Koordinasi Relay Proteksi OCR / GFR dengan Menggunakan Software Mathcad Pada Trafo Daya Unit II 20 MVA GI Salak**” Institut Teknologi Padang.2012