

ANALISIS KINERJA RELAI ARUS LEBIH TERHADAP ARUS GANGGUAN PADA TRANSFORMATOR 60 MVA DI GARDU INDUK 150 KV KENTUNGAN

Nhimas Sasanti Ariningrum¹, Slamet Hani S.T., M.T², Ir. Prastyono Eko Pambudi, M.T³
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Jalan Kalisahak No. 28 Komplek Balapan Jogjakarta 552222
Nhimas260397@gmail.com¹, Shan.akprind@gmail.com², Prastyono@akprind.ac.id³

ABSTRACT

The life of modern society today is very dependent on electricity. Stable and quality electrical energy is needed, especially for consumers of residential homes that use electricity in their daily lives. Power transformer is a very vital equipment that functions to transmit electrical power from high voltage to low or reverse voltage and is never separated from interference. The existence of disturbances that occur in the transformer can inhibit the process of distributing electrical energy to consumers. Therefore a reliable protection system is needed to protect the transformer from interference. Overcurrent relays are one of the backup protection relays that are used by transformers at the 150KV Kentungan substation. The formulation of the problem in this study is, analyzing the effect of current disturbances on OCR working time and OCR reliability. Then the purpose of this study was to determine the performance of overcurrent relays as a backup relay in protecting the transformer.

This study uses a description of the percentage reliability method to determine the OCR reliability value, and uses the TMS (Time Multiplier Setting) formula to determine the OCR working time.

This study gives results that the amount of interference current 4106 A and the more current flowing in the transformer is 162,513 A, so that the OCR working time is 0,509 seconds and the OCR reliability is 100%.

Keywords: Protection System, Transformer, Overcurrent Relay, Current Disturbance, Substation

INTISARI

Kehidupan masyarakat modern saat ini sangat bergantung kepada energi listrik. Dibutuhkan energi listrik yang stabil dan berkualitas, terutama pada konsumen rumah-rumah penduduk yang menggunakan listrik dalam kesehariannya. Transformator daya merupakan suatu peralatan yang sangat vital yang berfungsi menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya dan tak pernah lepas dari gangguan. Adanya gangguan yang terjadi pada transformator dapat menghambat proses penyaluran energi listrik ke konsumen. Oleh karena itu sistem proteksi yang handal sangat dibutuhkan untuk melindungi transformator dari gangguan. Relai arus lebih merupakan salah satu relai proteksi cadangan yang digunakan transformator yang ada pada Gardu Induk 150KV Kentungan. Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu, menganalisa pengaruh arus gangguan terhadap waktu kerja OCR serta kehandalan OCR. Kemudian tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja relai arus lebih sebagai relai cadangan dalam melindungi transformator.

Penelitian ini menggunakan metode deskripsi presentase kehandalan untuk mengetahui nilai kehandalan OCR, serta menggunakan formula TMS (*Time Multiplier Setting*) untuk menentukan waktu kerja OCR.

Penelitian ini memberikan hasil bahwa besar arus gangguan 4106 A dan arus lebih yang mengalir pada transformator sebesar 162,513 A, sehingga diperoleh waktu kerja OCR sebesar 0,509 detik serta diperoleh nilai kehandalan OCR sebesar 100%.

Kata Kunci: Sistem Proteksi, Transformator, Relai Arus Lebih, Arus Gangguan, Gardu Induk.

I. PENDAHULUAN

Di Era globalisasi ini Indonesia sedang melakukan perubahan dan penambahan pembangunan di segala bidang. Seiring dengan perkembangan pembangunan maka dituntut adanya sarana prasarana yang mendukung seperti tersedianya energi listrik. Oleh karena itu, PLN sebagai perusahaan milik negara di bidang listrik sudah

seharusnya melakukan pengembangan di bidang listrik. Hal itu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan listrik di Indonesia yang semakin meningkat. Salah satu langkah PLN untuk meningkatkan penyediaan pasokan energi listrik adalah dengan menambah pembangkit. Selain melakukan penambahan pembangkit PLN juga melakukan pembenahan pada penyaluran tenaga listrik.

Dalam penyaluran Sistem tenaga listrik tidak akan menutup kemungkinan akan terjadi gangguan, terutama gangguan yang bisa disebabkan oleh alam. Gangguan yang sering terjadi antara lain kawat penghantar putus, kerusakan pada pembangkit, gangguan pada saluran transmisi akibat petir serta gangguan hubung singkat, dan lainnya. Dengan terjadinya gangguan yang tidak dapat diprediksi maka diperlukan suatu peralatan pengaman (sistem proteksi) yang tepat dan dapat diandalkan. Sistem proteksi adalah sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya Generator, Transformator, Jaringan transmisi/distribusi dan lain-lain terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri. Pengamanan tersebut dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada peralatan-peralatan gardu induk yang nantinya akan menyebabkan terhambatnya penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen).

Transformator daya merupakan peralatan utama dan paling penting dalam suatu sistem penyaluran tenaga listrik. Dalam operasi sistem tenaga listrik, transformator daya bisa dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi tenaga listrik, dikarenakan fungsinya sebagai penyalur daya listrik dan mentransformasikan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Oleh karena itu, transformator merupakan unsur utama dari sistem penyaluran dan distribusi

energi listrik dan merupakan peralatan yang paling mahal harganya.

Kehidupan masyarakat modern sekarang ini sangat bergantung kepada energi listrik. Dibutuhkan energi listrik yang stabil dan berkualitas, terutama pada konsumen rumah – rumah penduduk yang menggunakan listrik dalam sehari – hari. Proses penyaluran energi listrik mulai dari pembangkit sampai ke konsumen selalu ada gangguan - gangguan yang tidak dapat dihindari. Gangguan - gangguan bisa berupa gangguan internal ataupun eksternal, salah satunya gangguan eksternal adalah beban lebih. Gangguan - gangguan tersebut menimbulkan arus yang sangat besar yang dapat merusak peralatan- peralatan listrik sehingga perlu adanya sistem proteksi yang dapat melindungi peralatan listrik dari kerusakan akibat arus berlebih.

Rendahnya kualitas energi listrik menyebabkan kinerja jaringan sangatlah kurang, akibatnya sering terjadi pemadaman jaringan listrik pada konsumen. Untuk mengutamakan kinerja jaringan listrik yang baik diperlukan juga sistem proteksi yang baik pula salah satunya adalah *Over Current Relay (OCR)* atau relay arus lebih yang digunakan sebagai proteksi sistem jaringan, relay ini bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya.

Gangguan hubung singkat fasa ke tanah dan fasa-fasa merupakan salah satu permasalahan yang mungkin timbul dalam pengoperasian transformator daya dalam sebuah gardu induk. gangguan yang disebabkan oleh adanya hubung singkat menimbulkan banyak kerugian, kerugian pada sistem transmisi kelistrikan maupun kerugian dipihak konsumen energi listrik. Salah satu cara untuk mengatasi gangguan ini adalah dengan cara memasang relai proteksi yang bekerja dengan pemutus tenaga (PMT). Gangguan hubung singkat fasa ke tanah dan fasa-fasa menimbulkan arus hubung singkat yang besarnya melebihi *setting* arus pada relai arus lebih, sehingga relai arus lebih memicu PMT bekerja sesuai dengan *setting* waktu yang diterapkan, sehingga resiko kerusakan pada sistem kelistrikan dapat dihindari. (Sutarti, 2010)

II. METODOLOGI

Dalam penyelesaian masalah penelitian ini perlu adanya alat dan bahan sebagai penunjang kelancaran dalam menyelesaikan penelitian. Adapun alat pendukung dan

bahan pendukung yang digunakan penyusun yaitu:

A. *Alat*

Alat pendukung yang digunakan untuk membantu dalam penyusunan laporan skripsi antara lain:

1. Satu unit laptop Acer 4738Z
2. Satu set alat pencetak Canon MG2570
3. Software Microsoft Office Excel 2010 digunakan untuk mengolah data.
4. Software Microsoft Office Word 2010; digunakan dalam penyusunan laporan skripsi.

B. *Bahan*

Bahan pendukung dalam penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini adalah berupa data-data yang dikumpulkan penulis antara lain:

1. *Data Transformator Daya Gardu Induk 150 KV Kentungan*

Pada Gardu Induk 150 KV Kentungan terdapat 3 transformator daya, yaitu transformator daya II, II dan IV. Namun, dari keempat trafo tersebut baru 3 yang dioperasikan. Ketiga transformator tersebut memiliki kapasitas masing-masing 60 MVA. Dalam penelitian ini transformator yang digunakan adalah transformator daya-II adapun data (*nameplate*) dari transformator daya-II adalah sebagai berikut:

Adapun spesifikasi transformator daya dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 1 Trafo tenaga II Gardu Induk Kentungan

TRAFO	II
Merk	XIAN TRANSFORMER WORKS
No. Serial	8605640
<i>Year of Manufacture</i>	1995
Kapasitas	60 MVA
Impedansi	12%
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV
Frekuensi	50 Hz
<i>Phase</i>	3
<i>Instalation</i>	<i>Outdoor</i>
<i>Cooling</i>	ONAN/ONAF

Dalam data *nameplate* transformator daya-II di atas dapat diketahui bahwa transformator daya-II pada Gardu Induk 150

KV Pedan adalah buatan XIAN TRANSFORMER WORKS yang dibuat pada tahun 1995 dengan jenis pemasangan di luar ruangan (*outdoor*). Daya yang dapat ditanggung transformator daya-II adalah 60 MVA. Jenis pendingin pada transformator daya-II adalah ONAN/ONAF yang artinya untuk menjaga temperatur transformator menggunakan oil dan sirkulasi udara alami (*Oil Natural Air Natural*) dan juga menggunakan oli dan sirkulasi udara dengan kipas pendingin (*Oil Natural Air Force*). Untuk kenaikan suhu oli atau minyak trafo pada transformator I adalah kurang dari atau sama dengan 50°C dan untuk kenaikan suhu belitan kurang dari atau sama dengan 50°C. Frekuensi yang digunakan pada transformator I adalah 50 Hertz, jumlah fasa tiga buah dengan standart IEC76.

2. *Data Relay Arus Lebih Pada Transformator Daya Gardu Induk 150 KV Kentungan*

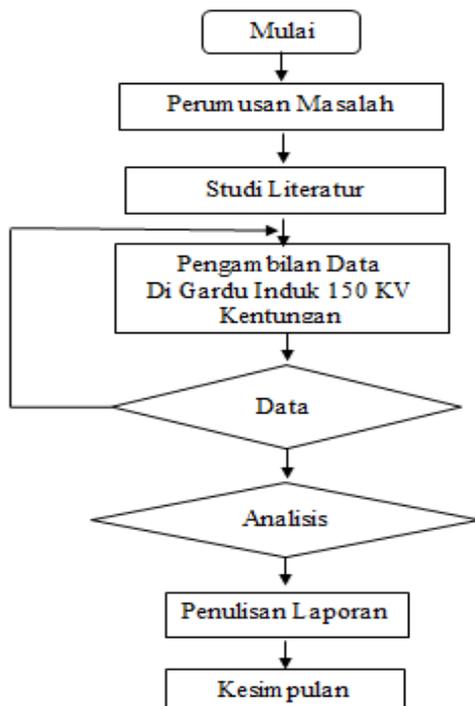
Tabel 2 Relay Arus Lebih Transformator II Gardu Induk Kentungan

Merk	GE
<i>Type</i>	SR-350
Rasio CT	800/5
<i>Arus Setting</i>	$0,63 \times I_n$
<i>Time Delay (td)</i>	0,28 s
Kurva	IEC SI (<i>Standart Inverse</i>)

Dari data tabel 2 di atas dapat diketahui bahwa OCR II tersebut buatan GE dengan type SR-350. Dengan Rasio CT 800/5, *time delay* (td) 0,28s. Serta kurva IEC SI.

C. *Jalannya Penelitian*

Diagram alir penelitian yang dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Dari *flowchart* pada gambar 1 dapat diketahui bahwa langkah awal untuk melakukan sebuah penelitian yaitu dengan menentukan atau merumuskan masalah terlebih dahulu. Pada umumnya sebuah penelitian dapat berjalan karena adanya suatu masalah yang ada, sehingga kita dapat melakukan penelitian untuk menemukan solusi atas masalah tersebut.

Setelah merumuskan masalah, langkah selanjutnya adalah studi literatur. Studi literatur adalah cara mengumpulkan atau menghimpun data-data yang berhubungan dengan topik sehingga dalam melakukan penelitian diharapkan dapat memahami masalah yang ada dan menemukan cara yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut.

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan metode pengambilan data untuk penyusunan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

a. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari beberapa informasi yang mendukung penelitian dengan membaca suatu buku, jurnal, makalah, artikel ilmiah, atau melakukan browsing internet tentang suatu peramalan beban listrik dan hal-hal lain yang berhubungan seperti faktor yang dapat mempengaruhi maupun metode yang akan digunakan.

b. Pengambilan data dilapangan

Metode yang digunakan penulis dalam

mengumpulkan data-data yang diperlukan dari Gardu Induk 150 KV Kentungan seperti data relai arus lebih yang terpasang pada transformator daya-II yaitu dengan datang langsung ke lapangan untuk melakukan dokumentasi secara langsung sesuai dengan keadaan yang ada di Gardu Induk 150 KV Kentungan untuk mendapatkan data-data yang akan digunakan.

c. Metode Survei

Metode yang digunakan adalah melakukan pengamatan secara langsung terhadap data atau obyek yang diteliti dan dengan cara melakukan tanya jawab dengan operator maupun dengan supervisor dari Gardu Induk 150 KV Kentungan.

d. Studi bimbingan (konsultasi)

Bimbingan (konsultasi) ini dilakukan dengan cara mengadakan pertemuan secara rutin dengan dosen pembimbing I maupun dosen pembimbing II. Dalam pertemuan tersebut dilakukan diskusi mengenai masalah masalah yang timbul. Konsultasi dilakukan penulis dengan tujuan untuk menyelesaikan masalah yang ada dalam proses melakukan penelitian.

Jika data yang dibutuhkan telah lengkap, maka dapat dilakukan perhitungan menggunakan data yang telah didapat.

D. Cara Analisis

Analisis data merupakan bagian penting dalam penelitian, karena dengan analisis data yang diperoleh mampu memberikan arti dan makna untuk memecahkan masalah dan mengambil kesimpulan penelitian. Dalam penelitian ini Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis matematis untuk mendapatkan hasil penelitian. Analisis ini adalah mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku didalam perhitungan kehandalan proteksi pada *relay* arus lebih. Rumus yang digunakan untuk menentukan angka kehandalan kinerja *relay* arus lebih adalah $DPK = \frac{n}{N} \times 100\%$. Sesuai dengan rumus tersebut maka, kehandalan kinerja proteksi relay arus lebih dipengaruhi oleh frekuensi gangguan (n) dan jumlah gangguan (N).

1. Transformator dan arus lebih

Beban maksimum yang dapat mengalir pada transformator adalah

$$P (trafo) = \sqrt{3}.V.I.Cos\phi \quad (1)$$

Keterangan:

P : Daya

V : Tegangan

I : Arus

Sedangkan arus maksimum yang mengalir pada transformator adalah

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3}(V)(\cos\phi)} \quad (2)$$

Maka beban lebih yang mengalir pada trafo II ketika salah satu trafo lainnya *trip* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$P_{over(trafo)} = P_{normal(trafo II)} + P_{normal(trafo trip)} \quad (3)$$

Sedangkan arus maksimum yang mengalir pada trafo II dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3}(V)(\cos\phi)} \quad (4)$$

Pada saat gangguan terjadi, pembebanan pada trafo II sebesar 110%, maka arus maksimum yang mengalir sebesar:

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3}(V)(\cos\phi)} \times 110\% \quad (5)$$

Dengan beban lebih yang mengalir pada trafo II sebesar 38MW , maka arus yang mengalir pada trafo II juga akan melebihi arus maksimum.

Arus lebih yang mengalir pada trafo II adalah:

$$I_{over(trafo)} = \frac{P_{over(trafo)}}{\sqrt{3}(V)(\cos\phi)} \quad (6)$$

2. Kinerja OCR

Karena terjadi gangguan beban lebih dan arus lebih, maka OCR akan bekerja memerintahkan PMT untuk trip. Dari besar beban lebih dan arus lebih maka akan bisa dapat diketahui waktu kerja OCR dalam melindungi transformator dari gangguan yang terjadi.

a. Arus Setting OCR

Perhitungan arus setting OCR adalah sebagai berikut:

$$I_{set OCR} = 0,63 \times I_n \quad (7)$$

I_n adalah Rasio CT

b. Waktu kerja OCR/Time Multiplier Setting (TMS)

Perhitungan waktu kerja OCR adalah sebagai berikut:

$$TMS (SI) = t \times \left[\frac{0,14}{\left(\frac{I_{sc}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1} \right] \quad (8)$$

Keterangan:

I_{sc} = Arus hubung singkat maksimum

I_{set} = Setting arus kerja dalam Ampere

t = Waktu kerja 0,2-0,5 detik

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dari penelitian yang di lakukan di Gardu Induk 150 KV Kentungan, diperoleh data-data yang terkait dengan permasalahan dan tujuan penelitian yaitu tentang "Analisis Kinerja Relai Arus Lebih Terhadap Pengaruh Gangguan Beban Lebih Pada Transformator Daya 60MVA Di Gardu Induk 150KV Kentungan". Kemudian data yang di dapatkan akan dipresentasikan dan dideskripsikan untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan yang ada dalam penelitian ini.

1. Data Transformator Daya Gardu Induk 150 KV Kentungan

Pada Gardu Induk 150 KV Kentungan terdapat 3 transformator daya, yaitu transformator daya II, II dan IV. Ketiga transformator tersebut memiliki kapasitas masing-masing 60 MVA. Dalam penelitian ini transformator yang digunakan adalah transformator daya-II adapun data (*nameplate*) dari transformator daya-II adalah sebagai berikut:

Adapun spesifikasi transformator daya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Spesifikasi Transformator II Gardu Induk 150KV Kentungan
(Sumber: PT. PLN Persero Gardu Induk 150KV Kentungan)

TRAFO	II
Merk	XIAN TRANSFORMER WORKS
No. Serial	8605640
Year of Manufacture	1995
Kapasitas	60 MVA
Impedansi	12%
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV
Frekuensi	50 Hz
Phase	3
Instalation	Outdoor
Cooling	ONAN/ONAF

Dalam data *nameplate* transformator daya-II di atas dapat diketahui bahwa transformator daya-II pada Gardu Induk 150 KV Pedan adalah buatan XIAN TRANSFORMER WORKS yang dibuat pada tahun 1995 dengan jenis pemasangan di luar

ruangan (*outdoor*). Daya yang dapat ditanggung transformator daya-II adalah 60 MVA. Jenis pendingin pada transformator daya-II adalah ONAN/ONAF yang artinya untuk menjaga temperatur transformator menggunakan oil dan sirkulasi udara alami (*Oil Natural Air Natural*) dan juga menggunakan oli dan sirkulasi udara dengan kipas pendingin (*Oil Natural Air Force*). Untuk kenaikan suhu oli atau minyak trafo pada transformator II adalah kurang dari atau sama dengan 50°C dan untuk kenaikan suhu belitan kurang dari atau sama dengan 50°C. Frekuensi yang digunakan pada transformator II adalah 50 Hertz, jumlah fasa tiga buah dengan standart IEC76.

2. Data Relay Arus Lebih Pada Transformator Daya Gardu Induk 150 KV Kentungan

Tabel 4 Relay Arus Lebih Transformator II Gardu Induk 150 KV Kentungan

(Sumber: PT. PLN Persero Gardu Induk 150KV Kentungan)

Merk	GE
Type	SR-350
Rasio CT	800/5
Arus Setting	$0,63 \times I_n$
Time Delay (td)	0,28 s
Kurva	IEC SI (<i>Standart Inverse</i>)

Dari data di atas dapat diketahui bahwa OCR II tersebut buatan GE dengan type SR-350. Dengan Rasio CT 800/5, *time delay* (td) 0,28s. Serta kurva IEC SI.

Terjadinya gangguan internal pada transformator II menyebabkan OCR memerintahkan PMT untuk memutuskan hubungan arus listrik (*trip*). Dikarenakan adanya sebuah gangguan sehingga salah satu transformator mengalami trip, maka transformator IV (tidak trip) menerima tambahan beban dari trafo yang mengalami trip, sehingga beban pada trafo IV melebihi kapasitas yang telah ditentukan atau beban lebih (*Over Load*).

3. Kinerja Proteksi OCR

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan penulis, maka diperoleh data kinerja relai arus lebih pada trafo IV di Gardu Induk 150 KV Kentungan. Berikut adalah data kinerja OCR pada trafo II:

Tabel 5 Kinerja *Over Current Relay* (OCR) Tahun 2017

No	Proteksi Trafo II	Kinerja OCR		Frekuensi Gangguan
		Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	
1	<i>Over Current Relay</i> (OCR)	1	-	1
Jumlah Gangguan				1

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui kinerja OCR Area Trafo Tenaga IV Gardu Induk 150 KV Kentungan termasuk dalam kategori baik. Hal ini dibuktikan dengan sebagian besar gangguan dalam sistem tenaga dapat di atasi.

4. Peranan OCR pada Gardu Induk 150KV Kentungan

Peranan pemasangan relai proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar, dengan cara:

1. Melepaskan (memisahkan) bagian sistem yang terganggu atau yang mengalami keadaan abnormal lainnya secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang terganggu atau yang dilalui arus gangguan dapat dihindari atau dibatasi seminimum mungkin dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroperasi.
2. Memberikan pengamanan cadangan bagi instalasi lainnya.
3. Memberikan pelayanan keandalan dan mutu listrik yang terbaik kepada konsumen.

Peranan OCR yang dapat dilihat yaitu saat terjadi gangguan pada trafo. Dapat dibayangkan jika tidak ada OCR, maka peralatan listrik lainnya pada gardu induk akan langsung rusak jika terkena arus gangguan yang besar dan juga waktu pemadaman akan lebih lama dikarenakan arus gangguan tersebut.

5. Penyebab gangguan yang terjadi pada trafo Gardu Induk Kentungan

Banyaknya gangguan yang terjadi pada trafo tenaga Gardu Induk 150 KV Kentungan yang menyebabkan sistem proteksi bekerja dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini:

Tabel 6 Data Gangguan Trafo IV Gardu Induk 150 KV Kentungan
(Sumber: PT. PLN Persero Gardu Induk 150KV Kentungan)

T g i	Na ma Bay	Seba b	Relai	Annou nsiator	Ket
28 Mar 2014	TRF #2 150/22kV (IN C)	gangguan penyulang	OCR phs R b d t d	OCR trip	Terjadi gangguan pada penyulang KTN.9 relay OCR tetapi PMT tidak trip (penyebab gangguan kawat putus di pool U1-49/2).
21 Jul 2014	TRF #4 150/20kV	sudden presure (CO NTRO LABLE SISI SEKUN DDER	Lock Out Relay	Sudden pressu re relay trip	Penyebab : terjadi kondensasi pd switch sudden pressure.
24 Okt 2014	TRF #2 150/22kV (IN C)	gangguan penyulang	OCR GFR highs et	OCR/ GFR trip	Gangguan kawat jeprak di U6-91 dan kabel netral putus di risepole penyulang KTN 6
23 Mar 2015	TRF #2 150/22kV	gangguan penyulang	OCR	OCR trip	Arus gangguan 4106 Amp

Berdasarkan tabel 6 di atas dapat dijelaskan bahwa terjadi satu kali gangguan pada Area Trafo Tenaga IV Gardu Induk 150 KV Kentungan.

B. Pembahasan

1. Beban Lebih dan Arus Lebih

Terjadinya gangguan internal pada Trafo II menyebabkan relai diferensial yang ada pada pembangkit tersebut bekerja memerintahkan PMT agar memutuskan hubungan listrik (trip). Salah 1 transformator yang ada di Gardu Induk 150 KV Kentungan mengalami *trip*. Inilah yang menyebabkan ketika terjadi *trip*, maka beban yang mengalir pada trafo yang mengalami *trip* ditampung oleh transformator II.

Beban maksimum yang dapat mengalir pada transformator adalah:

$$\begin{aligned}
 P_{(trafo)} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{set} \cdot \cos\phi \\
 &= \sqrt{3} \cdot 150kV \cdot 100,8 A \cdot 0,9 \\
 &= 26188,608 \text{ kVA} \\
 &= 26188,608 \text{ kVA} \times 0,9 \\
 &= 23569,747 \text{ kW} \\
 &= 23.569,747 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Maka beban lebih yang mengalir pada trafo II ketika salah satu trafo lainnya *trip* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{over(trafo)} &= P_{normal(trafo II)} + \\
 &P_{normal(trafo trip)} \\
 &= 22 \text{ MW} + 16 \text{ MW} \\
 &= 38 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Sedangkan arus maksimum yang mengalir pada trafo II dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_{max} &= \frac{P}{\sqrt{3}(V)(\cos\phi)} \\
 &= \frac{22 \text{ MVA}}{\sqrt{3}(150kV)(0,9)} \\
 &= \frac{22 \text{ MVA}}{\sqrt{3}(0,15 \text{ MV})(0,9)} \\
 &= \frac{22 \text{ MVA}}{0,2338 \text{ MV}}
 \end{aligned}$$

$$= 94,0975 \text{ Ampere}$$

Pada saat gangguan terjadi, pembebanan pada trafo II sebesar 110%, maka arus maksimum yang mengalir sebesar:

$$\begin{aligned}
 I_{max} &= \frac{P}{\sqrt{3}(V)(\cos\phi)} \times 110\% \\
 &= \frac{22 \text{ MVA}}{\sqrt{3}(150kV)(0,9)} \times 110\% \\
 &= \frac{22 \text{ MVA}}{\sqrt{3}(0,15 \text{ MV})(0,9)} \times 110\% \\
 &= \frac{22 \text{ MVA}}{0,2338 \text{ MV}} \times 110\% \\
 &= 94,0975 \times 110\%
 \end{aligned}$$

$$= 103,5072 \text{ Ampere}$$

Dengan beban lebih yang mengalir pada trafo II sebesar 38MW , maka arus yang mengalir pada trafo II juga akan melebihi arus maksimum.

Arus lebih yang mengalir pada trafo II adalah:

$$\begin{aligned}
 I_{over(trafo)} &= \frac{P_{over(trafo)}}{\sqrt{3}(V)(\cos\phi)} \\
 &= \frac{38 \text{ MVA}}{\sqrt{3}(150kV)(0,9)} \\
 &= \frac{38 \text{ MVA}}{\sqrt{3}(0,15 \text{ MV})(0,9)} \\
 &= \frac{38 \text{ MVA}}{0,2338 \text{ MV}} \\
 &= 162,5134 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Ketika salah satu trafo mengalami gangguan dan kemudian trip, trafo II yang

ada pada Gardu Induk 150KV Kentungan mengalami gangguan beban lebih dan arus lebih karena harus menampung beban dan arus yang mengalir pada trafo yang *trip*, yaitu masing-masing sebesar 38 MW dan 162,5134 A.

2. Kinerja OCR

Karena terjadi gangguan beban lebih dan arus lebih, maka OCR akan bekerja memerintahkan PMT untuk *trip*. Dari besar beban lebih dan arus lebih yang telah diperoleh, maka dapat diketahui waktu kerja OCR dalam melindungi transformator dari gangguan yang terjadi.

Arus Setting OCR

Perhitungan arus *Setting* OCR adalah sebagai berikut:

$$I_{set\ OCR} = 0,63 \times I_n$$

I_n adalah Rasio CT (800/5)

maka:

$$\begin{aligned} I_{set\ OCR} &= 0,63 \times \frac{800}{5} \\ &= 0,63 \times 160 \\ &= 100,8 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Waktu kerja OCR/Time Multiplier Setting (TMS)

Untuk mengetahui waktu kerja OCR yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TMS (SI) &= t \times \frac{0,14}{\left[\left(\frac{I_{sc}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ &= 0,28 \times \frac{0,14}{\left[\left(\frac{4106}{100,8} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ &= 0,509362155 \text{ detik} \end{aligned}$$

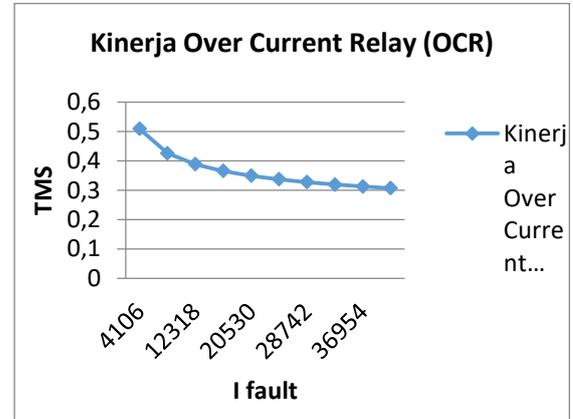
Dengan beban sebesar 38MW dan arus sebesar 162,5134 A yang mengalir pada transformator, maka OCR bekerja dalam waktu 0,509362155 detik untuk memerintahkan PMT agar melepas hubungan listrik.

Tabel 7 Kinerja OCR terhadap gangguan arus lebih

$I_{max}(A)$	$I_{set\ OCR}(A)$	$n \times I_f$	$I_{fault}(A)$	$t\ OCR(sec)$
103,5072	100,8	1	4106	0,509362155
103,5072	100,8	2	8212	0,426120383
103,5072	100,8	3	12318	0,388564757
103,5072	100,8	4	16424	0,365547402
103,5072	100,8	5	20530	0,349410585
103,5072	100,8	6	24636	0,337198922
103,5072	100,8	7	28742	0,327489253
103,5072	100,8	8	32848	0,319496945
103,5072	100,8	9	36954	0,312747625
103,5072	100,8	10	41060	0,306934585

Dari tabel 7 dapat diketahui bahwa I_{max} yang mengalir pada OCR sebesar 103,5072 A dengan I_{set} 100,8 A, OCR dapat bekerja dalam waktu 0,509362155 detik. Sedangkan

pada kolom selanjutnya dengan I_{max} dan I_{set} yang sama tetapi dengan pembebanan 2 trafo, dengan kelipatan 2 I_f 41060 A ($n \times I_f$) didapatkan hasil 8212 A dan OCR bekerja dalam waktu 0,426120383 detik dan seterusnya dengan perhitungan yang sama.



Gambar 2 Grafik kinerja OCR

Dari grafik 2 dapat dilihat semakin kecil arus lebih yang mengalir pada OCR maka semakin lama OCR dalam menangani atau mentripkan hubungan arus dan sebaliknya semakin besar arus lebih yang mengalir pada OCR, maka semakin cepat OCR dalam menangani atau mentripkan hubungan arus tersebut.

3. Keandalan Over Current Relay (OCR)

Suatu rele dikatakan memiliki keandalan baik apabila memiliki keandalan dari 90% sampai 100%. Untuk menghitung persentase kinerja atau keandalan dari OCR, dapat juga menggunakan rumus deskripsi persentase keandalan.

Rele OCR mampu mengamankan gangguan sebanyak 1 kali dari jumlah gangguan yaitu 1 kali. Sehingga keandalan rele OCR dapat di hitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} DPK &= \frac{n}{N} \times 100\% \\ &= \frac{1}{1} \times 100\% = 100\% \end{aligned}$$

Jadi, rele OCR memiliki keandalan sebesar 100 % dengan predikat baik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan yang diangkat oleh penulis yaitu mengenai analisa kinerja relai arus lebih terhadap arus gangguan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan arus lebih pada Gardu Induk 150 KV Kentungan sangat berpengaruh terhadap kinerja OCR. Sehingga dapat diketahui semakin besar arus gangguan yang di sebabkan oleh

- beban lebih dan arus lebih yang terjadi, maka OCR akan semakin cepat dalam bekerja/mengetripping PMT. Sebaliknya, semakin kecil gangguan beban lebih dan arus lebih yang terjadi juga akan semakin lama dalam bekerja/mentripping PMT.
2. Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan TMS dengan nilai arus gangguan pada transformator yaitu sebesar 4106 A, sehingga diperoleh waktu kerja OCR untuk memerintahkan agar PMT untuk *trip* sebesar 0,509 detik.
 3. Relai yang digunakan di Gardu Induk 150 KV Kentungan merupakan nilai relai yang telah memenuhi standart dari sebuah peralatan proteksi. Sesering apapun dan sebesar apapun gangguan yang terjadi, relai tetap dapat bekerja dengan baik.
 4. Relai arus lebih pada Gardu Induk 150 KV Kentungan dapat dikatakan memiliki predikat baik, dibuktikan dengan DPK (Deskripsi Presentase Keandalan) sebesar 100%.
 5. Peranan pemasangan relai proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih baik agar tidak terdapat kerusakan atau kerugian yang lebih besar.
 6. Hal-hal yang menyebabkan gangguan yang terjadi pada trafo Gardu Induk Kentungan termasuk gangguan teknis dimana gangguan tersebut disebabkan dari sistem itu sendiri.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Slamet Hani, S.T., M.T selaku dosen pembimbing I dan bapak Ir. Prastyono Eko Pambudi, M.T selaku dosen pembimbing II yang dengan sangat sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih juga kepada PT.PLN (Persero) APP Salatiga Gardu Induk Kentungan, khususnya kepada staff dan karyawan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian dan terimakasih kepada keluarga penulis yang telah memberikan doa, semangat dan motivasi, dan seluruh pihak yang telah membantu penulis selama menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, I. (2009). *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Penyulang SADEWA di GI Cawang*. Depok: Universitas Indonesia.
- Arikunto, S. (2002). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek : Edisi kelima cetakan ke-12*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2002). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek : Edisi kelima cetakan ke-13*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Aryanto, T. (2013). *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Gardu Induk 150 KV. Skripsi*.
- Harsono, H. D. (2014). *Studi Pengaruh Beban Lebih Terhadap Kinerja Relay Arus Lebih Pada Transformator Daya Di Gardu Induk Pedan Menggunakan ETAP*. Yogyakarta.
- Hutauruk, T. (1991). *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga.
- PT., P. (2009). *Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik. Transformator Tenaga, (No. Dokumen : 1-22 / HARLUR - PST/2009)*. Jakarta Selatan.
- Putra, M. A. (2017). *Analisis Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi . Tugas Akhir*.
- Rosidi, H. R. (2010). *Rele Arus Lebih/OCR dan GFR Sebagai Proteksi Trafo dan Penyulang Pada GI 150 KV Krapyak*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sutarti. (2010). *Analisis Perhitungan Setting Arus dan Waktu paada Relay Arus Lebih (OCR) Sebagai Proteksi Trafo Daya di Gardu Induk Cawang Lama Jakarta . Riau: Sekolah Tinggi Teknologi Indragiri*.
- Taqiyyudin, M. (2006). *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Malang: Universitas Islam Malang.