

# ANALISIS KINERJA CIRCUIT BREAKER PADA SISI 150 kV GARDU INDUK LAMHOTMA

**Yusniati<sup>1)</sup>, Elvy Sahnur Nasution<sup>2)</sup>, Rizki Indra Pangestu<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Dosen Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara

<sup>2,3)</sup>Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email : yusniati@ft.uisu.ac.id

## Abstrak

*Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) adalah peralatan pemutus, yang berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban. Dalam kehidupan sehari-hari sering terjadi berbagai macam gangguan dalam konsumsi listrik. Oleh karena itu untuk mencegah gangguan tersebut terjadi maka diperlukan circuit breaker. Pemasangan circuit breaker ditujukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada peralatan - peralatan Gardu Induk yang nantinya akan menyebabkan terhambatnya penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja circuit breaker pada saat terjadinya gangguan serta untuk menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja circuit breaker pada Gardu Induk Lamhotma. Adapun hasil penelitian terkait kinerja circuit breaker pada gardu induk Lamhotma adalah bahwa Kinerja Circuit Breaker Pada Sisi 150 kV Gardu Induk Lamhotma dalam kategori baik. Hal tersebut dilihat dari setting waktu kerja relai arus lebih yang terpasang pada penyulang 20 kV Gardu Induk Lamhotma yaitu tidak lebih kecil dari 0,3 detik (keputusan ini diambil agar relai tidak sampai trip lagi akibat adanya arus inrush dari transformator-transformator arus yang telah terhubung ke jaringan yang lainnya). Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari circuit breaker atau PMT yaitu besarnya arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Besar atau kecilnya arus gangguan itu dipengaruhi oleh jarak terjadinya gangguan, semakin jauh titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan yang terjadi begitu pula sebaliknya, semakin dekat titik gangguan maka semakin besar pula arus gangguan yg terjadi. Kemudian yang berikutnya mempengaruhi kinerja circuit breaker atau PMT adalah setting relai arus lebih. Semakin cepat waktu kerja relai untuk memerintahkan circuit breaker atau PMT memutus jaringan maka akan semakin baik pula kinerjanya.*

**Kata-Kata Kunci :** *Circuit Breaker, Gardu Induk Lamhotma, Relai Arus Lebih*

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan dalam pemanfaatan tenaga listrik di zaman modern ini banyak mengalami perkembangan dalam bidang teknologi yang tentunya berpengaruh pada besarnya konsumsi listrik di masyarakat. Pemanfaatan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari ini tidak terlepas dari berbagai macam gangguan. Gangguan yang terjadi yaitu seperti pada proses pembangkitan, saluran transmisi, gardu induk, gardu distribusi bahkan bisa saja berpengaruh pada proses konsumsi listrik di masyarakat yang disebabkan oleh petir dan hubungan arus pendek listrik.

Gangguan-gangguan tersebut tidak dapat diprediksi waktu terjadinya. Dalam hal ini peneliti lebih fokus terhadap gangguan yang terjadi pada gardu induk. Dimana suatu sistem gardu induk memiliki alat pengaman yang dapat mendeteksi dan memproteksi sistem dari gangguan yang terjadi. Peralatan pengaman (sistem proteksi) yang tepat dan dapat diandalkan ketika terjadinya gangguan salah satunya berupa circuit breaker (CB).

Dalam ilmu kelistrikan (elektro), circuit breaker mempunyai peranan vital dalam proses pengaman atau proteksi pada suatu sistem kelistrikan. Circuit Breaker/Pemutus Tenaga (PMT) adalah alat yang paling penting dari semua alat penghilang / peredam dari gangguan tenaga. PMT mempunyai 2 kemampuan untuk menghilangkan arus hubung singkat yang sangat besar yang melebihi nilai nominal dari arus beban yang melewati konduktor

maupun isolator. Pemisah adalah suatu alat untuk memisahkan tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi biasanya digunakan untuk memisahkan beban yang akan diperbaiki dari beban bertegangan.

Dari latar belakang masalah yang telah dipaparkan peneliti bermaksud untuk menganalisis pengaruh dari gangguan listrik pada gardu induk terhadap kinerja circuit breaker. Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Kinerja Circuit Breaker Pada Sisi 150 kV Gardu Induk Lamhotma".

### 1.1. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah prinsip kerja *circuit breaker* memutuskan sebuah rangkaian yang mengalami gangguan?
2. Bagaimanakah kinerja *circuit breaker* pada saat terjadi gangguan pada Gardu Induk Lamhotma?
3. Apa sajakah faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *circuit breaker* pada Gardu Induk Lamhotma?

### 1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui proses *circuit breaker* memutuskan sebuah rangkaian yang mengalami sebuah gangguan.
2. Untuk menganalisa kinerja *circuit breaker* pada

saat terjadinya gangguan pada Gardu Induk Lamhotma.

3. Untuk menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *circuit breaker* pada Gardu Induk Lamhotma.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Gardu Induk merupakan sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi). Penyaluran (transmisi) merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Berarti, gardu induk merupakan sub-sistem dari sistem tenaga listrik. Sebagai sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi), gardu induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan. Fungsi utama dari gardu induk yaitu untuk mentransformasikan daya listrik, contohnya seperti :

1. Dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 kV/150 kV).
2. Dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 kV/70 kV).
3. Dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 kV/20 kV, 70 kV/20 kV).

Ada beberapa jenis gardu induk yang dapat dijumpai, dan dapat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Berdasarkan Besaran Tegangan
2. Berdasarkan Pemasangan Peralatan
3. Berdasarkan Fungsi
4. Berdasarkan Isolasi yang Digunakan
5. Berdasarkan Sistem (Busbar)

Gardu induk terdiri dari banyak komponen yang bekerjasama satu dengan yang lain agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, berikut ini adalah komponen- komponen yang digunakan pada gardu induk

1. *Switch Yard*
2. Transformator Daya
3. *Neutral Grounding Resistance* (NGR)
4. Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB)
5. Sakelar Pemisah (PMS)
6. *Lighting Arrester* (LA)
7. Transformator Arus
8. Transformator Tegangan
9. Transformator Pemakaian Sendiri
10. Rel Busbar
11. Gedung Kontrol
12. Panel Kontrol
13. Panel Proteksi
14. Sumber DC Gardu Induk
15. Panel AC/DC Gardu Induk
16. Kubikel 20 kV
17. Sistem Proteksi

*Circuit Breaker* (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) adalah peralatan pemutus, yang berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban. CB atau PMT dapat dioperasikan pada saat jaringan dalam kondisi normal maupun pada saat terjadi gangguan seperti arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya.

Adapun Fungsi Bagian Utama CB/PMT yaitu:

1. Unit pemutus utama
2. Unit pemutus pembantu
3. Katup kelambatan
4. Tahanan
5. Kapasitor
6. Kontak-kontak

Klasifikasi Pemutus Tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis, yaitu:

1. Berdasarkan besar/kelas tegangan
2. Berdasarkan jumlah mekanik penggerak,
3. Berdasarkan Jenis Media

Relai arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui jaringan dengan bantuan trafo arus. Harga atau besaran yang boleh melewatinya disebut dengan setting. Relai arus juga memiliki macam-macam karakteristik, yaitu :

1. Relai waktu seketika (*instantaneous Relay*)
2. Relai Arus Lebih Waktu tertentu (*Definite Time Relay*)
3. Relai Arus Lebih Waktu Terbalik

**Tabel 1. Karakteristik K dan  $\alpha$  Relai Arus Waktu Terbalik**

Karakteristik	K	$\alpha$
<i>Standar Inverse</i>	0,14	0,02
<i>Very Inverse</i>	13,5	1,0
<i>Extreemely Inverse</i>	80,0	2,0
<i>Long Time Inverse</i>	120,0	1,0

Pada relai arus lebih ini, memiliki dua jenis pengaman yang berbeda yaitu Pengaman Hubung Singkat Fasa. Dimana relai mendeteksi arus fasa, oleh karena itu disebut dengan relai fasa. Karena pada relai tersebut dialiri oleh arus fasa, makasetting arusnya harus lebih besar dari arus maksimum beban dan yang kedua adalah Pengaman Hubung Tanah.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT.PLN (Persero) Gardu Induk Lamhotma, Jalan Seruwai Sei Mati Medan Labuhan pada bulan Maret sampai Juni 2018.

### 3.2. Variabel Penelitian

Secara garis besar ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi kinerja dari sebuah *circuit breaker*, khususnya yang ada di Gardu Induk Lamhotma, yaitu :

#### Arus Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan arus gangguan hubung singkat ini adalah analisa suatu sistem tenaga listrik pada saat terjadinya gangguan hubung singkat, dimana nanti akan diperoleh besar nilai besaran-besaran listrik yang dihasilkan sebagai akibat gangguan hubung singkat yg terjadi.

#### Impedansi

Dalam menghitung impedansi ada 3 macam impedansi urutan yaitu Impedansi urutan positif ( $Z_1$ ), Impedansi urutan Negatif ( $Z_2$ ), dan impedansi urutan nol ( $Z_0$ ).

Impedansi urutan positif ( $Z_1$ ) yaitu impedansi yang hanya disarankan oleh arus urutan positif, Impedansi urutan negatif ( $Z_2$ ) yaitu impedansi yang hanya disarankan oleh arus urutan negatif, dan Impedansi urutan nol ( $Z_0$ ) adalah impedansi yang hanya disarankan oleh arus urutan nol.

**Impedansi Sumber**

Untuk menghitung impedansi sumber dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan  $X_s$

$$= \frac{\text{Tegangan Sisi Primer Transformator (KV}^2\text{)}}{\text{Daya Hubung Singkat Bus 150 KV (MVA)}}$$

Dimana

Impedansi Sumber (Ohm) =  $X_s$

Tegangan sisi primer transformator (kV)

Daya hubung singkat di bus 150 kV (MVA)

**Impedansi Transformator**

Perhitungan impedansi pada transformator biasanya hanya diambil harga reaktansinya, sedangkan tahananannya diabaikan karena harganya yg relatif kecil. Untuk mencari nilai reaktansi transformator dalam Ohm dapat dihitung dengan menggunakan cara sebagai berikut.

Pertama-tama mencari nilai ohm pada 100% untuk transformator pada sisi 20 kV, yaitu dengan menggunakan persamaan :

$$X_{t(100\%)} = \frac{\text{Tegangan Sekunder Transformator}^2}{\text{Daya Transformator Daya 1}}$$

Dimana :

Impedansi Transformator (Ohm) =  $X_t$

Tegangan sisi primer transformator (kV)

Daya Transformator Daya 1 (MVA)

**Setting Relai Arus Lebih**

Penyetelan relai arus lebih pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga harus terlebih dahulu dihitung nilai arus nominal transformator tenaganya. Arus setting untuk relai arus lebih baik pada sisi primer maupun pada sisi sekundernya adalah

$$I_{set(primer)} = 1,05 \times I_{nom \text{ Transformator}}$$

Nilai tersebut adalah nilai primer. Untuk mendapatkan nilai sekunder yang dapat disetkan pada relai arus lebih, maka harus dihitung dengan menggunakan rasio dari transformator arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$I_{set(sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{\text{Ration CT}}$$

**Setting Waktu**

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, kemudian digunakan untuk menentukan nilai setelan waktu (TMS). Persamaan untuk menentukan nilai setelan waktu bermacam-macam sesuai dengan desain pabrik pembuat relainya. Dalam hal ini persamaan yang digunakan diambil dengan relai merk MC 30.

**Tabel 2. Karakteristik Operasi Waktu Relai Inverse**

Tipe Relai	Setelan Waktu (TMS)
Standar Inverse	$tms = \frac{0,14 \times t}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$
Very Inverse	$tms = \frac{13,5 \times t}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right) - 1}$
Extreemely Inverse	$tms = \frac{80 \times t}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^2 - 1}$
Long Time Inverse	$tms = \frac{120 \times t}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right) - 1}$

**3.3. Jalannya Penelitian**

Penelitian pertama kali dimulai dengan merumuskan masalah yang akan dikaji dalam penelitian, kemudian dilanjutkan dengan studi kepustakaan untuk mendukung dan menjadi landasan pelaksanaan penelitian. Jalannya penelitian dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

- Melakukan pengamatan pada Gardu Induk Lamhotma
- Membuat analisis kinerja *circuit breaker* pada Gardu Induk Lamhotma berdasarkan data yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak-pihak terkait.

**3.4. Flow Chart Penelitian**



**Gambar 1. Flow Chart Penelitian**

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Data-Data Komponen Gardu Induk Lamhotma

###### a. Data Transformator Daya 1 (TD1)

1. Merk = UNINDO
2. Daya = 60 MVA
3. Tegangan = 150/20 kV
4. Impedansi = 12,50%
5. Tegangan Primer = 150 kV
6. Tegangan Sekunder = 20 kV
7. Ratio *Current Transformer* = 2000/5 A
8. Arus Nominal Transformator = 1732,1 A
9. Hubungan belitan Transformator = YNyn0
10. Ground Resistor = 40 ohm

###### b. Data Relai Arus Lebih Sisi Penyulang 20 kV

1. Merk = SCHNEIDER
2. Tipe = P142316A6M0448J
3. Nomor seri = 36112291
4. Karakteristik = *Normal Inverse*
5. Arus nominal = 5 A
6. Tms = 0,1
7. Rasio CT = 400/5 A

##### 4.2. Perhitungan dan Analisis Data

###### a. Arus Gangguan Hubung Singkat

Gangguan yang terjadi di dalam jaringan (sistem kelistrikan) ada 3, yaitu gangguan hubung singkat 3 fasa, gangguan hubung singkat 2 fasa, dan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah. Data hubung singkat di bus sisi 150 kV gardu induk lamhotma yang diperoleh adalah sebesar 2,962 MVA.

Perhitungan arus gangguan hubung singkat ini dihitung berdasarkan panjangnya penyulang, yaitu diasumsikan terjadi di 25%, 50%, 75%, dan 100% panjang penyulang.

###### b. Impedansi Sumber

Besarnya nilai impedansi sumbernya ( $X_s$ ) adalah :

$$X_{s(sisi\ 150\ kV)} = \frac{150^2}{2962} = 7,59\Omega$$

Untuk mengetahui Impedansi di sisi sekunder, maka :

$$X_{s(20\ kV)} = \frac{20^2}{150^2} \times 2962 = 0,134\Omega$$

###### c. Reaktansi Transformator

Besarnya reaktansi transformator tenaga satu di Gardu Induk Lamhotma adalah 12,50%, agar dapat mengetahui besar nilainya reaktansi urutan positif, negatif dan reaktansi urutan nol dalam ohm, maka perlu di hitung terlebih dahulu besar nilai ohm pada keadaan 100% nya, Besarnya nilai ohm pada keadaan 100% yaitu :

$$X_{t(pada\ 100\%)} = \frac{20^2}{60} = 6,667\Omega$$

Nilai reaktansi Transformator tenaga :

1. Reaktansi urutan positif dan negatif  $X_{t1} = X_{t2}$  maka  $X_{t1} = X_{t2} = 12,50\% \times 6,667 = 0,833\Omega$
2. Reaktansi Urutan nol ( $X_{t0}$ )

Karena transformator daya yang mensuplai penyulang LM5 mempunyai hubungan YNYN0 (tidak mempunyai belitan delta), maka besarnya  $X_{t0}$  berkisar di antara 9 s/d 14 kemudian dikalikan dengan besarnya nilai  $X_{t1}$  Dalam perhitungan ini diambil nilai :

$$X_{t0} = 11 \times X_{t1} = 11 \times 0,833 = 9,163\Omega$$

###### d. Impedansi Penyulang

Dari data yang telah diperoleh, bahwa jenis penghantar yang digunakan pada penyulang LM5 hanya menggunakan satu buah tipe kabel yaitu tipe XLPE dengan ukuran 240 mm<sup>2</sup>. Dengan panjangnya penyulang yaitu sejauh 5,507 km. Berdasarkan IEC 502 besarnya nilai impedansi yang dimiliki oleh penghantar jenis XLPE dengan ukuran 240 yaitu sebesar :

$$Z_1 = Z_2(XLPE240) = (0,125 + j0,097)\Omega/km \times 5,507 = 0,688 + j0,534\Omega$$

$$Z_0(XLPE240) = (0,275 + j0,097)\Omega/km \times 5,507 = 1,514 + j0,159\Omega$$

Dengan seperti itu nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan dengan asumsi jarak 25%, 50%, 75%, dan 100% panjang penyulang, sebagai berikut :

###### 1) Urutan Positif dan Negatif

Untuk urutan positif dan negatif besarnya nilai impedansi penyulang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Z_1 \& Z_2 = Z_1 \& Z_2(XLPE240) \times \% \text{ jarak gangguan}$$

**Tabel 3. Impedansi Penyulang Urutan Positif & Negatif**

Panjang (%)	Impedansi Penyulang ( $Z_1 \& Z_2$ )
25	0,172 + j0,133 ohm
50	0,344 + j0,267 ohm
75	0,516 + j0,400 ohm
100	0,688 + j0,534 ohm

###### 2) Urutan Nol

Untuk urutan nol besarnya nilai impedansi penyulang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Z_0 = Z_0(XLPE240) \times \% \text{ jarak gangguan}$$

$$Z_{1eq} \& Z_{2eq} = Z_{1s(sisi\ 20\ kV)} + Z_{1T} + Z_{1\text{ penyulang}}$$

###### e. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

Untuk gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

Dimana

$V = 3 \times$  Tegangan Fasa-Netral

$Z =$  Impedansi ( $Z_1 + Z_2 + Z_0$ ) ekuivalen

**Tabel 4. Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah**

Panjang (%)	Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah
25	285,67 < 6 A
50	283,92 < 6,12 A
75	282,2 < 6,24 A
100	280,5 < 6,36 A

#### f. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa

Arus gangguan ini dapat dihitung menggunakan persamaan :

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

Dimana

$V =$  Tegangan fasa ke fasa

$Z =$  Impedansi ( $Z_1 + Z_2$ ) ekuivalen

**Tabel 5. Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa**

Panjang (%)	Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa
25	8980,7 < 90,125 A
50	7806,4 < 82,7 A
75	6844,6 < 77,02 A
100	6056,9 < 72,63 A

#### g. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Arus gangguan hubung singkat fasa dapat dihitung menggunakan persamaan :

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

Dimana

$V =$  Tegangan Fasa - Netral

$Z =$  Impedansi  $Z_1$  ekuivalen

**Tabel 6. Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa**

Panjang (%)	Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa
25	10374,66 < 90,125 A
50	9014,05 < 82,7 A
75	7903,49 < 77,02 A
100	6993,94 < 72,63 A

#### h. Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat

Dari hasil perhitungan yg telah didapatkan, arus gangguan hubung singkat nilainya sangat dipengaruhi oleh jarak atau titik dimana gangguan terjadi. Semakin jauh jarak titik gangguan maka arus hubung singkat yg diperoleh semakin kecil, begitu pula sebaliknya, semakin dekat titik gangguan arus hubung singkatnya maka nilai arus hubung singkatnya akan semakin tinggi. Selain itu apabila dilihat dari gangguan terhadap fasa, arus gangguan dengan nilai terbesar adalah arus gangguan hubung singkat 3 fasa.

#### i. Perhitungan Settingan Relai Settingan Relai Arus Lebih Penyulang 20 kV

##### 1. Setelan Arus

Pada Gardu Induk Lamhotma jenis relai yg digunakan memiliki karakteristik normal inverse. Untuk relai dengan karakteristik jenis ini biasanya di setting sebesar  $1,05 - 1,1 \times I_{max}$ , dengan syarat waktu minimum tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik.

Arus beban ( $I_{beban}$ ) = 286,40 Amp Ratio CT = 400/5 Amp

$$\begin{aligned} I_{set(primer)} &= 1,05 \times I_{beban} \\ &= 1,05 \times 286,40 \\ &= 300,7 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{set(sekunder)} &= I_{set(primer)} \times \frac{1}{Ratio \ CT} \\ &= 300,7 \times \frac{1}{400/5} = 3,7 \text{ A} \approx 4 \text{ A} \end{aligned}$$

##### 2. Setelan Time Multiple Setting (Tms)

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \\ 0,3 &= \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{1037,66}{300,7}\right)^{0,02} - 1} \\ tms &= \frac{\left(\frac{1037,66}{300,7}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times 0,3 \\ tms &= \frac{0,02202}{0,14} \\ tms &= 0,157 \text{ detik} \end{aligned}$$

#### Setelan Relai Arus Gangguan Tanah Penyulang 20 kV

##### 1. Setelan Arus

Untuk setelan arus relai ini menggunakan panduan yaitu setelan arus gangguan tanah penyulang di setting  $10\% \times$  arus gangguan tanah terkecil pada penyulang. Hal ini dimaksudkan untuk menampung tahanan busur.

$$I_{set(primer)} = 0,1 \times 280,5 = 28,05 \text{ A}$$

$$I_{set(sekunder)} = 28,05 \times \frac{1}{\frac{400}{5}} = 0,35 A$$

## 2. Setelan Time Multiple Setting (Tms)

$$t = \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{285,67}{28,05}\right)^{0,02} - 1}$$

$$tms = \frac{\left(\frac{285,67}{28,05}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times 0,3$$

$$tms = \frac{0,0475}{0,14}$$

$$tms = 0,1017 \text{ detik}$$

### Pemeriksaan Waktu Kerja Relai

#### 1. Waktu Kerja Relai Untuk Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Tabel 7. Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa

Lokasi Gangguan (%)	Waktu Kerja Relai (detik)
25	0,299
50	0,312
75	0,325
100	0,338

#### 2. Waktu Kerja Relai Untuk Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa

Tabel 8. Waktu Kerja Relai Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa

Lokasi Gangguan (%)	Waktu Kerja Relai (detik)
25	0,312
50	0,326
75	0,340
100	0,355

#### 3. Waktu Kerja Relai Untuk Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

Tabel 9. Waktu Kerja Relai Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

Lokasi Gangguan (%)	Waktu Kerja Relai (detik)
25	0,299
50	0,3004
75	0,301
100	0,302

### Analisa Waktu Kerja Relai

Berdasarkan perbandingan syarat waktu minimum yang tidak boleh < 0,3 detik dengan table 4.8, 4.9, 4.10, dapat dianalisa bahwa hasil perhitungan dengan syarat waktu masih dalam kondisi yang sesuai atau dengan katalain perbedaan yang dimiliki tidak terlalu jauh,

sehinggadapat disimpulkan bahwa settingan relai arus yang dipasang dilapangan sudah baik. Karena dari hasil perhitungan untuk di set ke relai harus disesuaikan dengan tap yang ada pada relai yang digunakan, sehingga hasilnya tidak akan sama 100% dengan hasil perhitungan. Dengan baiknya settingan relai ini maka kinerja circuit breaker atau PMT juga dikatakan baik, karena relai dan circuit breaker saling berkaitan erat satu samalain. Relai akan mengindikasikan kepada circuit breaker apabila terjadi gangguan dan relai akan membuat circuit breaker memutuskan rangkaian yang terindikasikan terkena gangguan tadi sekaligus berperan sebagai protector atau pengaman pada rangkaian.

### Perbandingan Waktu Kerja Relai

Adapun perbandingan hasil waktu kerja relai terhitung dengan hasil waktu kerja relai terukur pada PT PLN(Persero) Gardu Induk Lamhotma yang telah diperoleh sebelumnya adalah sebagai berikut :

Tabel 10. Perbandingan Waktu Kerja Relai Terukur dengan Waktu kerja Relai Terhitung

Hasil Pengukuran Waktu Kerja Relai Pada Gardu Induk Lamhotma (ms)	Hasil Perhitungan pada Analisa Data (ms)		
	3 Fasa	Fasa ke Fasa	1 Fasa ke Tanah
R = 30,6	29,9	31,2	29,9
S = 30,4	31,6	32,6	30,04
T = 30,2	32,5	34	30,1
	33,8	35,5	30,2

Berdasarkan data dari tabel diatas, waktu kerja relai terukur tidak memiliki selisih yang kecil. Hal ini dapat dimaklumi karena hasil perhitungan memang tidak bisa sama persis dengan hasil pengukuran. Dengan selisih waktu kerja relai yang kecil ini yaitu sekitar 0,01 s/d 0.05 detik, tidak akan mempengaruhi kinerja dari sebuah circuit breaker atau sistem proteksinya.

## V. KESIMPULAN

Dari Hasil perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil dan pembahasan, prinsip kerja *circuit breaker* dalam memutuskan suatu rangkaian atau jaringan listrik yaitu dimulai dengan relai yang akan bekerja mendeteksi arus gangguan dengan bantuan dari transformator arus. Saat ada arus yang melebihi nilai dari arus nominal relai maka relai akan bekerja dan membuka *circuit breaker* atau PMT yang kemudian akan memutuskan jaringan kelistrikkannya.

2. Berdasarkan hasil analisis perhitungan, kinerja *circuit breaker* atau PMT adalah baik. Hal ini terjadi karena pada setting waktu kerja relai arus lebih yang terpasang pada penyulang 20 kV Gardu Induk Lamhotma yaitu tidak lebih kecil dari 0,3 detik (keputusan ini diambil agar relai tidak sampai trip lagi akibat adanya arus inrush dari transformator- transformator arus yang telah terhubung ke jaringan yang lainnya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa waktu kerja relai untuk gangguan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah yang terjadi pada 25%, 50%, 75%, dan 100% panjang penyulang = 0.299, 0.3004, 0.301, dan 0.302 detik. Untuk gangguan arus hubung singkat 2 fasa yang terjadi pada 25%, 50%, 75%, dan 100% panjang penyulang = 0.312, 0.326, 0.340, dan 0.355 detik. Untuk gangguan arus 3 fasa pada 25%, 50%, 75%, dan 100% panjang penyulang = 0.299, 0.312, 0.325, dan 0.338 detik. Dari Hasil diatas hampir seluruh waktu kerja tidak lebih kecil dari 0,3 detik, apabila terjadi perbedaan selisih waktu merupakan hal yang wajar karena hasil perhitungan tidak akan 100% sama dengan data yang sudah ada di lapangan.
3. Berdasarkan hasil analisis, ada beberapa hal yang akan mempengaruhi kinerja dari *circuit breaker* atau PMT yaitu besarnya arus gangguan hubung singkat yg terjadi. Besar atau kecilnya arus gangguan itu dipengaruhi oleh jarak terjadinya gangguan, semakin jauh titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan yang terjadi begitu pula sebaliknya, semakin dekat titik gangguan maka semakin besar pula arus gangguan yg terjadi. Kemudian yang berikutnya mempengaruhi kinerja *circuit breaker* atau PMT adalah setting relai arus lebih. Semakin cepat waktu kerja relai untuk memerintahkan *circuit breaker* atau PMT memutuskan jaringan maka akan semakin baik pula kinerjanya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Tirana, *Pemisah dan penghubung pada Gardu Induk Pemisah dan penghubung pada Gardu Induk*, pp. 1–19.
- [2] S. S. Tofan Aryanto, Sutarno, 2013, *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara*, J. Tek. Elektro, vol. Vol. 5, no. 2, p. 10.
- [3] K. M. Mu'ammam, 2000, *Evaluasi Penggunaan Circuit Breaker Pada Gardu Induk Bukit SiGuntang Palembang*, KGS. M. MU'AMMAR 0611 3031 0158 Politek., p. 3.
- [4] M. A. A. Putra, 2017, *Analisis Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 kV Jeranjang*.
- [5] N. L. M. J. Ardianto, Firdaus, 2017, *Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti*, Anal. Kinerja Sist. Prot. Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti, vol. 4, no. 1, pp. 1–8.
- [6] M. MP, 2015, *Klasifikasi Gardu Induk*.
- [7] M. Rojaq, 2017, *Macam-macam Komponen Pada Gardu Induk*, [Online]. Available: <https://mandornya.blogspot.com/2015/04/macam-macam-komponen-gardu-induk.html>.
- [8] H. Guntoro, *Circuit Breaker – Sakelar Pemutus Tenaga / PMT bagian-1.*[Online]. Available: <http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/10/circuit-breaker-sakelar-pemutus.html>.
- [9] M. T. Amelia, 2015, *Evaluasi Penggunaan Pemutus Tenaga Pada Gardu Induk Bungaran Palembang*.
- [10] HaGe, 2009, *Relai Arus Lebih*, [Online]. Available: <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/07/relay-arus-lebih.html>.
- [11] Bonggas L.Tobing, 2012, *Peralatan Tegangan Tinggi*. Erlangga.Jakarta.