

ANALISA PROTEKSI OVER CURRENT RELAY (OCR) DAN GROUND FAULT RELAY (GFR) PADA TRANSFORMATOR DAYA GARDU INDUK

Abdul Multi¹, Thufail Addaus²

Program Studi Teknik Elektro FTI, Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jl.Moh. Kahfi II, Jagakarsa –Jakarta Selatan 12640, Telp. : (021)7270090

¹ amulti@istn.ac.id , ² thufailaddaus31@gmail.com

ABSTRAK

Transformator daya pada sistem distribusi tenaga listrik merupakan sebuah peralatan yang peranannya sangat penting dalam suatu gardu induk. Suatu gangguan dalam sistem distribusi tidak dapat diprediksi, gangguan ini bisa berupa gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, atau 1 fasa ke tanah. sehingga untuk mencegahnya diperlukan suatu peralatan proteksi yang baik dan dapat diandalkan. Proteksi yang digunakan adalah *Over Current relay* (OCR) dan *Ground fault Relay* (GFR) sebagai proteksi cadangan pada transformator daya. Prinsip kerja dari OCR yaitu mendeteksi adanya arus hubung singkat antar fasa dan prinsip kerja dari GFR yaitu mendeteksi adanya arus hubung singkat fasa ke tanah. Hasil analisa yang dilakukan menggambarkan ketika arus gangguan melebihi nilai setting yang telah ditentukan, maka *Over Current relay* dan *Ground fault Relay* mengambil keputusan seketika atau dengan perlambatan waktu membuka PMT pada saat terjadi gangguan. Setelah melakukan perhitungan. Untuk arus setting OCR pada sisi 150 kV didapat 277,2 A dengan setting waktu TMS (OCR) yaitu 0,31 dan untuk arus setting (GFR) pada sisi 150 kV didapat 35,22 A dengan setting waktu TMS (GFR) yaitu 0,44. Untuk arus setting (OCR) pada sisi 20 kV didapat 2.078,4 A dengan setting waktu TMS (OCR) yaitu 0,23 dan untuk arus setting (GFR) pada sisi 20 kV didapat 96,07 A dengan setting waktu TMS (GFR) yaitu 0,3.

Kata kunci: Transformator, *Over Current Relay*, *Ground Fault Relay*, OCR, GFR

ABSTRACT

In the electric power distribution system, the power transformer is an equipment plays an important role in a substation. In a distribution system, a fault cannot be predicted. This fault can be in the form of a 3-phase, 2-phase, or 1-phase short-circuit fault to ground. In order to prevent this, a good and reliable protective equipment is needed, one of which is the Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR) which are used as backup protection for power transformers. The work principle of the OCR is to detect the presence of a short-circuit current between phases and the work principle of the GFR is to detect a short-circuit current from the phase to ground, the results of the analysis carried out describe when the fault current exceeds the predetermined setting value then Over Current relay and Ground fault Relay takes instantaneous decisions or by slowing down the opening of the PMT in the event of a disturbance. After doing the calculations, for the setting current (OCR) on the 150 kV side, 277.2 A was obtained with the TMS (OCR) time setting of 0.31 and for the setting current (GFR) on the 150 kV side, 35.22 A was obtained with the TMS time setting (GFR) is 0.44. For the setting current (OCR) on the 20 kV side, 2,078.4 A is obtained with the TMS time setting (OCR) of 0.23 and for the setting current (GFR) on the 20 kV side, 96.07 A is obtained with the TMS time setting (GFR) namely 0.3.

Keywords: Transformer, Over Current Relay, Ground Fault Relay, OCR, GFR

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakaian energi listrik, terutama pemakaian energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Didalam sistem distribusi terdapat

beberapa peralatan listrik yang tidak dapat dipisahkan yang kegunaannya sangat vital salah satunya yaitu transformator. Berdasarkan fungsi operasinya transformator dapat di klasifikasikan menjadi beberapa jenis, diantaranya yaitu transformator distribusi, transformator pengukuran dan transformator daya.

Transformator merupakan suatu peralatan yang sangat vital dalam sistem distribusi tenaga listrik ke konsumen,

baik konsumen tegangan tinggi, tegangan menengah maupun tegangan rendah. Dalam sistem distribusi, tidak menutup kemungkinan terjadi gangguan terutama gangguan hubung singkat. Gangguan ini bisa berupa gangguan hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, atau 1 fasa ke tanah. Gangguan yang terjadi ini tidak dapat diprediksi, sehingga untuk mencegahnya diperlukan suatu peralatan proteksi yang tepat dan dapat diandalkan agar pasokan listrik tetap terjaga dan peralatan listrik terlindungi dari suatu kerusakan.

Kinerja jaringan listrik yang baik diperlukan juga sistem proteksi yang baik, salah satunya adalah Over Current relay (OCR) dan Ground fault Relay (GFR) yang digunakan sebagai proteksi sistem jaringan, relay ini bekerja terhadap arus lebih yang akan bekerja jika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya.

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisa hasil kerja sistem proteksi Over Current Relay dan Ground Fault Relay proteksi pada transformator daya. Melakukan perhitungan nilai arus hubung singkat pada proteksi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground fault Relay* (GFR) pada transformator daya. Selanjutnya dilakukan analisis perhitungan nilai setting waktu kerja *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground fault Relay* (GFR) terhadap arus hubung singkat pada transformator daya. Juga dilaksanakan Simulasi cara kerja sistem proteksi Over Current Relay dan Ground Fault Relay menggunakan program ETAP *Power Station*.

Scope Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan adanya penambahan pengetahuan, yaitu:

1. Untuk mengamankan transformator daya dari kerusakan akibat gangguan arus hubung singkat, diperlukan proteksi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR).
2. Untuk setting waktu pada Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada transformator daya.
3. Penggunaan program ETAP *Power Station* untuk fungsi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR).
4. Dapat mensimulasikan cara kerja sistem proteksi Over Current Relay dan Ground Fault Relay menggunakan program ETAP *Power Station*

Dalam melakukan penelitian ini ada batasan masalah, yaitu:

1. Hanya membahas proteksi *Over Current relay* (OCR) dan proteksi *Ground fault Relay* (GFR) pada transformator daya dan tidak membahas sistem relay lainnya.
2. ETAP *Power Station* 19.0.1 digunakan untuk mensimulasikan cara kerja Over Current Relay dan Ground Fault Relay terhadap arus gangguan hubung singkat.
3. Lokasi pada penelitian ini dilakukan di Gardu Induk

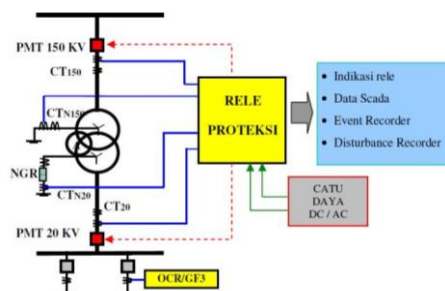
Cikarang Listrindo, Jl. Jababeka Raya Blok R, Wangunharja, Kec. Cikarang Utara, Bekasi, Jawa Barat.

4. Dalam penelitian ini data yang diambil untuk tugas akhir dilakukan pada tanggal 8 juni 2021 s/d 15 juni 2021

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum sistem proteksi adalah salah satu peralatan yang mempunyai peranan untuk mengatasi gangguan pada sistem tenaga listrik. Sistem proteksi ini melindungi saluran atau jaringan dan peralatan listrik terhadap kerusakan dengan cara menghilangkan (mengisolir) gangguan yang terjadi secara cepat dan tepat (Gambar 1)



Gambar 1. Peralatan sistem proteksi pada transformator tenaga 150/20 kV

Sistem proteksi pada instalasi tenaga listrik terdiri dari komponen yang telah menjadi satu kesatuan untuk mengatasi gangguan. Kerja dari komponen ini bergantian sesuai dengan tugas dan fungsinya. Komponen ini terdiri dari relay proteksi, transformator arus (CT), pengawatan, sumber daya arus searah (*battery*), pemutus tenaga (PMT).

Sistem proteksi yang terdapat di sistem tenaga listrik dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Proteksi utama

Pengaman sistem tenaga listrik yang akan bekerja pada awal terdeteksinya gangguan. Begitu ada gangguan proteksi ini akan bekerja untuk memutus supaya tidak merusak peralatan dan memperkecil gangguan yang terjadi supaya tidak meluas ke peralatan yang lain.

2. Proteksi cadangan

Proteksi cadangan ini akan bekerja apabila proteksi utama mengalami kegagalan kerja, dengan disertai waktu tunda untuk memberikan kesempatan proteksi utama untuk bekerja terlebih dahulu supaya tidak terjadi kesalahan proteksi. Proteksi ini dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu: *Local back-up*, yaitu proteksi cadangan terletak satu lokasi dengan proteksi utama, dan *Remote back-up*, yaitu dimana proteksi cadangan tersebut diletakkan pada lokasi yang berlainan dengan proteksi utama.

2.1.1 Tujuan Sistem Proteksi

1. Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang terganggu atau

peralatan yang dilalui oleh arus gangguan.

2. Untuk melokalisasi (mengisolasi) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.
3. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. Serta memperkecil bahaya bagi manusia.

2.1.2 Persyaratan Sistem Proteksi

Dalam perencanaan dan penggunaan komponen-komponen sistem proteksi, untuk mendapatkan suatu sistem proteksi yang baik diperlukan persyaratan-persyaratan sebagai berikut: kepekaan (*sensitivity*), keandalan (*Reability*), kecepatan (*Speed*), selektif (*Selective*), Ekonomis.

2.2 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat adalah jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran tiga fasa. jenis gangguan yang terjadi pada saluran tiga fasa yaitu:

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

Dari gangguan hubung singkat di atas, arus gangguannya dapat dihitung menggunakan perhitungan hukum ohm.

$$I = \frac{V}{Z} \quad (1)$$

Dimana:

I = Arus yang mengalir pada hambatan Z (A)

V = Tegangan sumber (V)

Z = Impedansi jaringan, nilai ekivalen dari saluran impedansi didalam jaringan dari sumber tegangan sampai titik gangguan (ohm)

Yang membedakan antara gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa dan satu fasa ketanah adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan. Impedansi yang terbentuk dapat ditunjukkan seperti berikut ini:

Z untuk gangguan tiga fasa, $Z = Z_1$

Z untuk gangguan dua fasa, $Z = Z_1 + Z_2$

Z untuk gangguan satu fasa, $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0$

Dimana:

Z_1 = impedansi urutan positif (ohm)

Z_2 = impedansi urutan negative (ohm)

Z_0 = impedansi urutan nol (ohm)

2.3 Menghitung Impedansi

Dalam menghitung impedansi dikenal tiga macam impedansi urutan, yaitu:

1. Impedansi urutan positif (Z_1), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan positif.
2. Impedansi urutan negatif (Z_2), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan negatif.
3. Impedansi urutan nol (Z_0), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan nol.

2.3.1 Perhitungan Impedansi Sumber

Untuk perhitungan impedansi sumber yang dimaksud adalah melakukan perhitungan impedansi hubung singkat (short circuit) Z_{sc} pada sisi 150 kV dan 20 kV, pertama yaitu menghitung nilai kapasitas daya hubung singkat (short circuit) MVA_{sc} di bus 150 kV. Untuk memperoleh nilai kapasitas daya hubung singkat dapat dihitung dengan rumus:

$$MVA_{sc} = \sqrt{3} \times V_{sisi\ primer\ trafo} \times I_{beban\ puncak} \quad (2)$$

Dimana:

MVA_{sc} = Kapasitas daya hubung singkat GI (MVA)

$I_{beban\ puncak}$ = Arus beban puncak yang mengalir dari sistem interkoneksi kegardu induk (kA)

$V_{sisi\ primer\ trafo}$ = Tegangan sisi primer transformator (kV)

a. Impedansi sumber pada sisi primer (Z_{sc})

Untuk impedansi sumber pada sisi primer dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Z_{sc\ (sisi\ primer)} = \frac{kV_{(sisi\ primer\ trafo)}^2}{MVA_{sc}} \quad (3)$$

Dimana:

$Z_{sc\ (sisi\ primer)}$ = Impedansi sumber (ohm)

kV^2 = Tegangan sisi primer trafo tenaga (kV)

MVA_{sc} = Kapasitas daya hubung singkat GI (MVA)

b. Impedansi sumber pada sisi sekunder (Z_{sc})

Untuk menghitung impedansi sumber sisi sekunderr dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Z_{sc\ (sisi\ sekunder)} = \frac{kV_{(sisi\ sekunder\ trafo)}^2}{kV_{(sisi\ primer\ trafo)}^2} \times Z_{sc\ (sisi\ primer)} \quad (4)$$

Dimana:

$Z_{sc\ (sisi\ sekunder)}$ = Impedansi sumber (ohm)

kV^2 = Tegangan pada sisi trafo tenaga (kV)

$Z_{sc\ (sisi\ primer)}$ = Nilai impedansi pada sisi primer (ohm)

2.3.2 Perhitungan impedansi Transformator

Untuk perhitungan impedansi trafo pada sisi 150 kV dan pada sisi 20 kV, langkah pertama yaitu mencari nilai impedansi dalam ohm, untuk memperoleh nilai impedansi dalam ohm pada 100% dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Z_{t(pada\ 100\%)} = \frac{kV^2}{MVA_{trafo}} \quad (5)$$

Dimana:

$Z_{t(pada\ 100\%)}$ = Impedansi trafo tenaga (ohm)

kV = Tegangan trafo tenaga (kV)

MVA_{trafo} = Kapasitas daya trafo tenaga (MVA)

a. Impedansi transformator urutan positif dan negatif ($Z_{t1} = Z_{t2}$)

Untuk memperoleh impedansi transformator urutan positif dan negatif dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Z_{t1} = \% Z_t \text{ yang diketahui} \times Z_{t\ (pada\ 100\%)} \quad (6)$$

Dimana:

Z_{t1} = Impedansi transformator urutan positif negatif (ohm)

$\% Z_t \text{ yang diketahui}$ = Impedansi yang terdapat pada trafo tenaga (ohm)

$Z_{t\ (pada\ 100\%)}$ = Nilai impedansi transformator (ohm)

b. Impedansi transformator urutan nol (Z_{t0})

Sebelum menghitung impedansi transformator urutan nol (Z_{t0}) perlu dilihat terlebih dahulu data trafo tenaga itu sendiri, yaitu data dari kapasitas belitan delta yang ada dalam trafo apakah ada belitan delta atau tidak.

- Untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan Dyn, dimana kapasitas belitan delta (D) sama besar dengan kapasitas belitan Y, maka $Z_{t0} = Z_{t1}$
- Untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan Y d yn, dimana kapasitas belitan delta (d), sepertiga dari kapasitas belitan Y (belitan yang dipakai untuk menyalurkan daya, sedangkan belitan delta tetap ada di dalam trafo tenaga, tetapi tidak dikeluarkan kecuali satu terminal delta untuk ditanahkan), maka nilai $Z_{t0} = 3 \times Z_{t1}$
- Untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan Yyn dan tidak mempunyai belitan delta didalamnya, maka untuk menghitung besarnya Z_{t0} berkisar antara 9 sampai dengan $14 \times Z_{t1}$

c. Perhitungan Impedansi Ekuivalen

Pada perhitungan impedansi ekuivalen yang dimaksud yaitu menghitung impedansi ekuivalen urutan positif, urutan negatif dan urutan nol dari titik gangguan sampai ke sumber. Karena dari sejak sumber ke titik gangguan impedansi yang terbentuk adalah tersambung seri maka perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat langsung dengan cara menjumlahkan impedansi tersebut, sedangkan untuk perhitungan Z_{0eq} dimulai dari titik gangguan sampai ke trafo tenaga yang netralnya di tanahkan.

d. Impedansi ekuivalen urutan positif dan urutan negatif ($Z_{1eq} = Z_{2eq}$)

untuk dapat mencari impedansi ekuivalen urutan positif, urutan negatif dan pada sisi 150 kV dan pada sisi 20 kV dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{sc1} + Z_{t1} \quad (7)$$

Dimana:

Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen urutan positif (ohm)

Z_{2eq} = Impedansi ekuivalen urutan negatif (ohm)

Z_{sc1} = Impedansi sumber (ohm)

Z_{t1} = Impedansi trafo tenaga urutan positif dan negatif (ohm)

c. Impedansi ekuivalen urutan nol (Z_{0eq})

Untuk mencari nilai impedansi ekuivalen urutan nol pada sisi 150 kV dan pada sisi 20 kV dihitung dengan rumus :

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3.RN \quad (8)$$

Dimana:

Z_{0eq} = Impedansi ekuivalen urutan nol (ohm)

Z_{t0} = Impedansi trafo tenaga urutan nol (ohm)

RN = Tahanan tanah trafo tenaga (ohm)

2.4 Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

2.4.1 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa. maka dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{f3fasa} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} \quad (9)$$

Dimana:

I_{f3fasa} = Arus gangguan hubung singkat tiga fasa (A)

V_{ph} = Tegangan fasa - netral $\left(\frac{\text{tegangan sisi travo}}{\sqrt{3}}\right)$ (V)

Z_{1eq} = Impedansi ekuivalen urutan positif (ohm)

2.4.2 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Perhitungan arus gangguan hubung singkat dua fasa. maka dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{f2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \quad (10)$$

Karena $Z_{1eq} = Z_{2eq}$, maka:

$$I_{f2fasa} = \frac{V_{ph-ph}}{2 \times Z_{1eq}}$$

Dimana:

I_{f2fasa} = Arus gangguan hubung singkat dua fasa (A)

V_{ph-ph} = Tegangan fasa - fasa (tegangan sisi trafo) (A)

Z_{1eq} = Impedansi urutan positif (ohm)

2.4.3 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. maka dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{f1fasa\ ke\ tanah} = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \quad (11)$$

Karena $Z_{1eq} = Z_{2eq}$, maka:

$$I_{f1fasa\ ke\ tanah} = \frac{3 \times V_{ph}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}}$$

Dimana:

$I_{f1fasa\ ke\ tanah}$ = Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (A)

V_{ph} = Tegangan fasa - netral $\left(\frac{\text{tegangan sisi travo}}{\sqrt{3}}\right)$ (V)

Z_{1eq} = Impedansi urutan positif (ohm)

Z_{0eq} = Impedansi urutan nol (ohm)

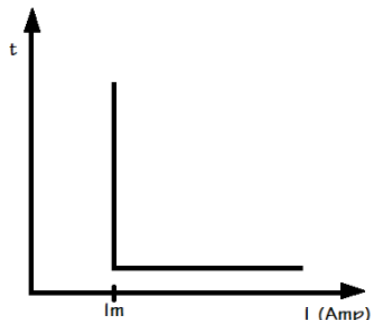
2.4 Relay Arus Lebih (OCR)

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

2.4.1 Jenis Relay Berdasarkan Karakteristik Waktu

1. Relay Arus Lebih Sesaat (*Instantaneous*)

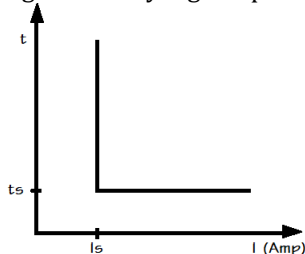
Relay Arus Lebih Sesaat Adalah relay arus lebih yang tidak mempunyai waktu tunda/waktu kerja sesaat, untuk waktu kerjanya (20-100 ms).



Gambar 2. Karakteristik Waktu Seketika

2. Relay Arus Lebih Definite (*Definite time*)

Relay Arus Lebih Definite Adalah relay dimana waktu tundanya tetap, tidak tergantung pada Besarnya arus gangguan. Jika arus gangguan telah melebihi arus settingnya berapapun besarnya arus gangguan relay akan bekerja dengan waktu yang tetap.



Gambar 3. Karakteristik Waktu tertentu

3. Relay Arus Lebih Inverse (*Inverse time*)

Relay arus lebih inverse Adalah relay dimana waktu tundanya mempunyai karakteristik tergantung pada besarnya arus gangguan. Jadi semakin besar arus gangguan maka waktu kerja relay akan semakin cepat, arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu kerja relay.



Gambar 4. Karakteristik waktu terbalik

Bentuk perbandingan terbalik dari waktu arus ini sangat bermacam macam tetapi dapat di golongan menjadi: Standard Inverse, Very Inverse, Long Inverse, ExtremelyInverse

2.4.2 Setting relay arus lebih (OCR)

Untuk setting relay arus lebih pada sisi 150 kV dan pada sisi 20 kV pertama yaitu harus menghitung arus nominal transformator tenaga terlebih dahulu. dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} \cdot V_{base}} \quad (12)$$

Dimana:

I_{base} = Arus nominal (sesuai sisi transformator) (A)

S_{base} = Daya semu (KVA)

V_{base} = Tegangan (sesuai sisi transformator) (kV)

➤ Arus setting relay arus lebih

Untuk mendapatkan nilai arus setting relay arus lebih dihitung menggunakan rumus :

$$I_{set (primer)} = 1,2 \times I_{nominal \ trafo} \quad (13)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai sekunder, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$I_{set (sekunder)} = I_{set (primer)} \times \frac{1}{Rasio \ CT} \quad (14)$$

Dimana:

$I_{set (primer)}$ = Arus setting relay arus lebih sisi primer (A)

$I_{nominal \ trafo}$ = Nilai arus nominal trafo (A)

$I_{set (sekunder)}$ = Arus setting relay arus lebih sisi sekunder (A)

➤ Setting waktu (TMS) relay arus lebih

untuk setting waktu TMS relay arus lebih dapat dihitung menggunakan rumus:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{Fault}}{I_{Set}} \right)^\alpha - 1 \right]}{\beta} \quad (15)$$

Dimana:

t = Waktu operasi (s)

TMS = Time multiple setting (tanpa satuan)

β = Konstanta *standart inverse*

I_{Fault} = Arus gangguan hubung singkat (A)
diambil dari arus gangguan hubung singkat 3 fasa

I_{Set} = Arus setting primer pada relay (A)

α = konstanta *standart inverse*

2.5 Relay Gangguan Tanah (GFR)

Relay gangguan tanah yang lebih dikenal dengan GFR (Ground Fault Relay) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan relay arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila relay arus lebih mendeteksi adanya hubung singkat antara fasa, maka ground fault relay mendeteksi adanya hubung singkat ketanah.

2.5.1 Setting relay gangguan tanah (GFR)

a. Arus setting relay gangguan tanah

Untuk mendapatkan nilai arus setting relay gangguan tanah pada sisi 150 kV dan sisi 20 kV dihitung menggunakan rumus :

$$I_{set (primer)} = 6\% - 12\% \times I_{Fault \ 1 \ fasa \ ketanah} \quad (16)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai sekunder yang dapat di menggunakan rumus:

$$I_{set (sekunder)} = I_{set (primer)} \times \frac{1}{Rasio \ CT} \quad (17)$$

Dimana:

$I_{set (primer)}$ = Arus Setting relay gangguan tanah sisi primer (A)

$I_{fault \ 1 \ fasa}$ = Arus gangguan 1 fasa ketanah (A)

$I_{set \text{ (sekunder)}}$ = Arus setting relay hubung tanah sisi sekunder (A)

b. Setting waktu (TMS) relay gangguan tanah
untuk setting waktu TMS relay gangguan tanah dapat dihitung menggunakan rumus:

$$TMS = \frac{t \times \left[\left(\frac{I_{Fault}}{I_{Set}} \right)^\alpha - 1 \right]}{\beta} \quad (18)$$

Dimana:

t = Waktu operasi (s)

T_{MS} = Time multiple setting (tanpa satuan)

β = Konstanta *standart inverse*

I_{Fault} = Arus gangguan hubung singkat (A)
diambil dari arus gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah

I_{Set} = Arus setting primer pada relay (A)

α = konstanta *standart inverse*

Berikut adalah faktor α dan β tergantung pada kurva arus arus vs waktu ditunjukkan pada tabel 1.

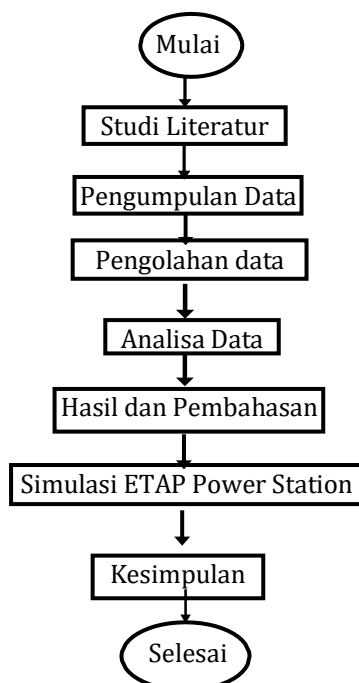
Tabel 1. faktor α dan β tergantung pada kurva arus arus vs waktu

No	Nama kurva	α	β
1	Definite time	-	-
2	Standart inverse	0,02	0,14
3	Very Inverse	1	13,2
4	Extremely inverse	2	80
5	Long time inverse	1	120

Metode penelitian

3.1 Proses Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart langkah penelitian

3.2 Objek Penelitian

Pada penelitian proyek akhir ini dilakukan di Gardu Induk Cikarang Listrindo sebagai bahan analisa berupa data peralatan utama dan peralatan pendukung proteksi pada transformator daya no.14, single line diagram transformator daya no.14, data rasio CT, data relay arus lebih (OCR) dan data relay gangguan tanah (GFR), yang dilaksanakan pada tanggal 8 juni s/d 15 juni 2021.

3.3 Data-Data Yang Diperoleh

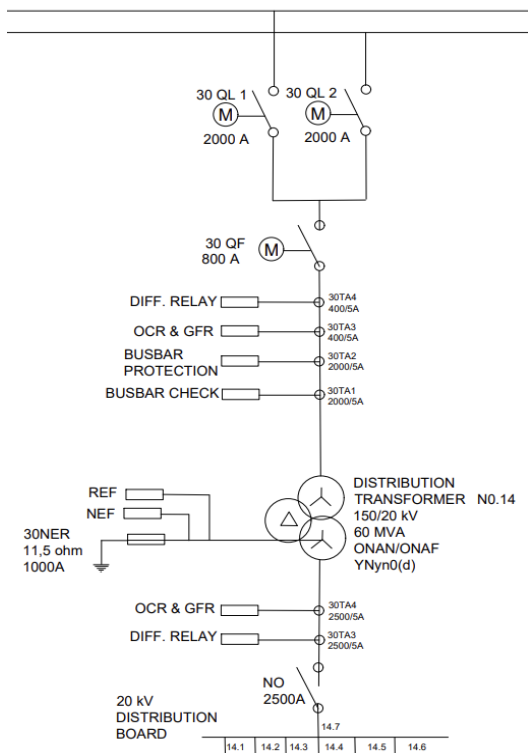
Adapun data-data analisa yang diperoleh di Gardu induk Cikarang Listrindo adalah sebagai berikut:

3.3.1 Data Transformator Daya

Tabel 2. Data Transformator Daya No.14

Data Transformator Daya	
Type/Merk	ABB Transformatoren
No Serial	12125142
Kapasitas Trafo	60 MVA
Tegangan sisi Primer	150 kV
Tegangan sisi sekunder	20 kV
Frequensi	50HZ
Impedansi	12,9%
Sambungan	Ynyn0 (d10)
Minyak	IEC 60076
Pendingin	ONAN / ONAF
Ground resistor	11,5 ohm
Arus beban puncak gardu induk	18,48 KA

3.3.2 Single Line Diagram Transformator Daya



Gambar 6. single line diagram transformator no.14

3.3.3 Data Rasio CT Data Over Current Relay (OCR)

Tabel 3. Data Rasio CT

Data Rasio CT					
150 kV			20 kV		
PRIM	/	SEC	PRIM	/	SEC
400		5	2500		5

3.3.4 Data Over Current Relay (OCR)

Tabel 4. Data Over Current Relay Sisi 150 kV

Merek	SIEMENS
Tipe	SIPROTEC 4
No.seri	7SJ62
Karakteristik	Standart Inverse

Tabel 5. Data Over Current Relay Sisi 20 kV

Merek	SIEMENS
Tipe	SIPROTEC 4
No.seri	7SJ62
Karakteristik	Standart Inverse

3.3.5 Data Ground Fault Relay (GFR)

Tabel 6. Data Ground Fault Relay Sisi 150 kV

Merek	SIEMENS
Tipe	SIPROTEC 4
No.seri	7SJ62

Karakteristik	Standart Inverse
---------------	------------------

Tabel 7. Data Ground Fault Relay Sisi 20 kV

Merek	SIEMENS
Tipe	SIPROTEC 4
No.seri	7SJ62
Karakteristik	Standart Inverse

4. PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1 Menghitung Impedansi

Tabel 8. Hasil perhitungan Impedansi

NO	Jenis perhitungan Impedansi	Pada sisi 150 kV	Pada Sisi 20kV
1.	Impedansi sumber (Z_{sc})	j4,69 ohm	j0,083 ohm
2.	Impedansi Transformator dalam ohm(pada100%) (Z_t)	j375 ohm	j6,67 ohm
3.	Impedansi Transformator urutan positif dan urutan negatif ($Z_{t1} = Z_{t2}$)	j48,4 ohm	j0,86 ohm
4.	Impedansi Transformator urutan nol (Z_{t0})	j484 ohm	j8,6 ohm
5.	Impedansi ekivalen urutan positif dan negative ($Z_{1eq} = Z_{2eq}$)	j53,09	j0,943
6.	Impedansi ekivalen urutan nol (Z_{0eq})	j484	j8,6 + 34,5

4.2 Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

Tabel 9. Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat

NO.	Jenis perhitungan arus gangguan	Pada sisi 150 kV	Pada sisi 20 kV
1.	(I_f 3fasa)	1631,29 A	12245,32 A
2.	(I_f 2fasa)	1412,69 A	10604,45 A
3.	(I_f 1fasa ke tanah)	440,23 A	960,68 A

4.4 Relay Arus Lebih (OCR)

4.4.1 Setting relay arus lebih (OCR)

Tabel 10. Hasil perhitungan arus nominal (I_{base})

NO.	Jenis perhitungan	Pada sisi 150 kV	pada sisi 20 kV
1.	Arus nominal $/I_{base}$	231 A	1732 A

Tabel 11. Hasil setting relay arus lebih (OCR)

NO.	Relay Arus Lebih (OCR)	Pada sisi 150 kV	Pada sisi 20 kV
1.	Arus setting primer (Iset primer)	277,2 A	2078,4 A
2.	Arus setting sekunder (Iset sekunder)	3.465 A	4,156 A
3.	Setting TMS	0,31	0,23

4.5 Relay Gangguan Tanah (GFR)

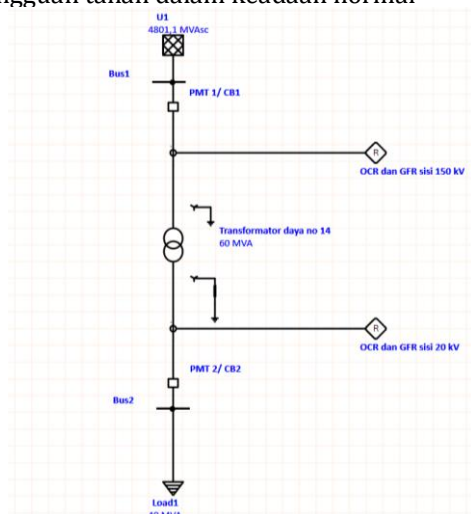
4.5.1 Setting relay gangguan tanah (GFR)

Tabel 12. Hasil setting relay gangguan tanah (GFR)

NO.	Relay gangguan tanah (GFR)	Pada sisi 150 kV	Pada sisi 20 kV
1.	Arus setting primer (Iset primer)	35,22 A	96,07 A
2.	Arus setting sekunder (Iset sekunder)	0,44 A	0,192 A
3.	Setting TMS	0,44	0,3

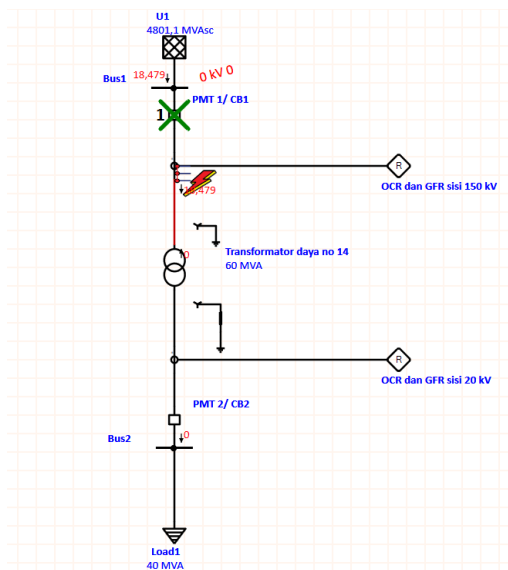
4.6 Simulasi ETAP 19.0.1

1. simulasi single line relay arus lebih dan relay gangguan tanah dalam keadaan normal



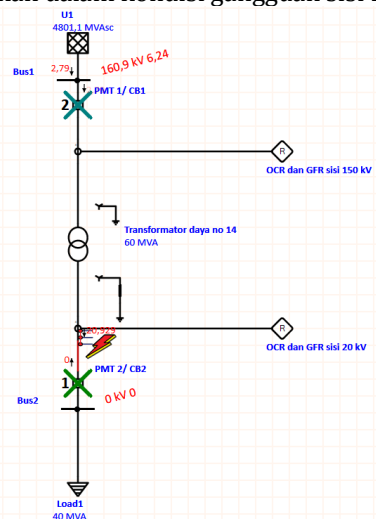
Gambar 7. Simulasi dalam keadaan normal

2. simulasi single line relay arus lebih dan relay gangguan tanah dalam gangguan pada sisi 150 kV



Gambar 7. Simulasi dalam keadaan gangguan pada 150 kV

3. Simulasi single line relay arus lebih dan relay gangguan tanah dalam kondisi gangguan sisi 20 kV



Gambar 8. Simulasi dalam keadaan gangguan pada 20 kV

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan setting pada relay arus lebih (OCR) dan relay gangguan tanah (GFR) kemudian melakukan simulasi menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada sisi 150 kV didapat arus gangguan hubung singkat tiga fasa yaitu 1.631,29 A, untuk arus gangguan hubung singkat dua fasa 1.412,69 A dan untuk arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yaitu 440,23 A.
2. Pada sisi 20 kV didapat arus gangguan hubung singkat tiga fasa yaitu 12.245,32 A, untuk arus gangguan hubung singkat dua fasa 10.604,45 A dan untuk arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yaitu 960,68 A.
3. Nilai arus setting over current relay (OCR) pada sisi 150 kV didapat 277,2 A dengan setting waktu TMS relay arus lebih (OCR) yaitu 0,31 dan untuk nilai arus

setting ground fault relay (GFR) pada sisi 150 didapat 35,22 A dengan setting waktu TMS ground fault relay (GFR) yaitu 0,44.

4. Nilai arus setting over current relay (OCR) pada sisi 20 kV didapat 2.078,4 A dengan setting waktu TMS relay arus lebih (OCR) yaitu 0,23 dan untuk nilai arus setting ground fault relay (GFR) pada sisi 20 kV didapat 96,07 dengan setting waktu TMS ground fault relay (GFR) yaitu 0,3.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sarimun, Wahyudi. 2011. Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Edisi pertama. Bekasi: Garamond.
2. Sarimun, Wahyudi. 2012. Buku Saku Pelayanan Teknik, Edisi kedua. Bekasi: Garamond.
3. Markoni. 2018. Operasi Sistem & Pemeliharaan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Yogyakarta: Teknosain
4. William D., Stevenson, jr. Analisis sistem tenaga listrik. Jakarta pusat: erlangga
5. Kadir Abdul. 1998. *Transmisi Tenaga Listrik*. Universitas Indonesia.
6. Rosidi, Hafizh Rahman, 2010, "Rele Arus Lebih/OCR Dan GFR Sebagai Proteksi Trafo Dan Penyulang Pada GI 150 KV Krapyak", Makalah Seminar Kerja Praktek, Semarang: Universitas Diponegoro
7. Sutarti, 2010, "Analisis Perhitungan Setting Arus Dan Waktu Pada Relai Arus Lebih (OCR) Sebagai Proteksi Trafo Daya Di Gardu Induk Cawang Lama Jakarta", Jurnal Sains dan Teknologi, Riau: Sekolah Tinggi Teknologi Indragiri Sutarti, 2010.