

**SKRIPSI**

**ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY (OCR) & GROUND**

**FAULT RELAY (GFR) PADA PENYULANG 20 kV**

**GARDU INDUK 150 Kv**



**DI SUSUN OLEH**

**ERWIN CAHYO DJOENARSO**

**10582158915**

**MUHAMMAD ARWAN**

**10582153415**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2019**

**ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY (OCR) & GROUND  
FAULT RELAY (GFR) PADA PENYULANG 20 kV  
GARDU INDUK 150 Kv**

**Skripsi**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Elektro  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

**ERWIN CAHYO DJOENARSO**

**MUHAMMAD ARWAN**

**10582158915**

**10582153415**

PADA

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2019**



# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

## FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY (OCR) & GROUND FAULT RELAY (GFR) PADA PENYULANG 20 KV GARDU INDUK 150 KV**

Nama : 1. Muhammad Arwan  
2. Erwin Cahyo Djoenarso

Stambuk : 1. 10582 1534 15  
2. 10582 1589 15

Makassar, 19 Juni 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


  
Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

  
Adriani, S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro



  
Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muhammad Arwan** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1534 15 dan **Erwin Cahyo Djoenarso** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1589 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/20201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 17 Juni 2019.

Panitia Ujian : Makassar, 15 Syawal 1440 H  
19 Juni 2019 M

1. Pengawas Umum

- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar  
Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM. ....
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T .....  
.....

2. Penguji

- a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T.,M.T .....  
.....
- b. Sekretaris : Anugrah, S.T.,M.M .....  
.....

3. Anggota

- 1. Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T .....  
.....
- 2. Rahmania, S.T.,M.T .....  
.....
- 3. Antarisubhi, S.T.,M.T .....  
.....

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Adriani, S.T.,M.T

Dekan

Dr. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.,IPM  
NBM : 855 500

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) & Ground Fault Relay (GFR) Pada Penyulang 20 kV Gardu Induk 150 kV**”. Dan tak lupa pula penulis tuturkan shalawat serta salam kepada junjungan kita baginda Muhammad SAW, yang telah memberi suri tauladan atas umatnya.

Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Skripsi ini dibuat berdasarkan pada data yang penulis peroleh selama melakukan penelitian, baik data studi literatur , maupun data yang diperoleh dari PT. PLN (PERSERO) ULTG Tello.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terim kasih yang sebanyak-banyaknya kepada :

1. Kedua orang tua , kakak serta keluarga kami yang telah memberikan bantuan baik berupa moril maupun materil.
2. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Adriani, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. selaku Pembimbing I dan Ibu Adriani, S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan waktu, arahan serta ilmunya selama membimbing penulis.
5. Para Staff dan Dosen yang telah membantu penulis selama melakukan studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Bapak Manager, Supervisor, Staff HAR ULTG Tello serta Supervisor dan Staff Operator GI 150 kV yang telah membantu penulis dalam pengumpulan data penelitian.
7. Teman-teman, sahabat serta rekan-rekan Reaksi 2015 dan seluruh keluarga Fakultas Teknik.

Terima kasih atas segala dukungan dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata penulis sampaikan pula harapan semoga skripsi ini dapat memberi manfaat yang cukup berarti khususnya bagi penulis dan bagi pembaca. Semoga Allah SWT. Senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amiin.

*Billahi Fi Sabilil Haq Fastabiqul Khairat*

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Makassar, Juni 2019*

*Penulis*

Djoenarso, Erwin Cahyo<sup>1</sup>, Muhammad Arwan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro <sup>2</sup>Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Jl. Sultan Alaudin No.259 Makassar

E\_mail : erwincahyo.erwin194@gmail.com

## ABSTRAK

Tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok saat ini. Oleh karenanya tenaga listrik harus tersedia secara ekonomis dengan memperhatikan mutunya baik tegangan maupun arus dan frekuensi beserta keandalannya. Guna menjaga kelangsungan saluran tenaga listrik diperlukan proteksi yang sesuai dengan kebutuhan. Fungsinya adalah untuk melokalisasi daerah gangguan menjadi sekecil mungkin, jadi hanya daerah yang terganggu saja yang dibebaskan dari rangkaian tenaga listrik dan juga harus mempertimbangkan tingkat keamanan terhadap peralatan stabilitas tenaga listrik serta keamanan terhadap manusia. Dari analisis ini, akan didapat besarnya nilai settingan proteksi relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR) penyulang beserta bagaimana koordinasi dari OCR dan GFR tersebut berdasarkan kurva yang digunakan dalam setting relay. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa berdasarkan kurva normal invers relay penyulang akan bekerja lebih cepat dari relay incoming, pada relay OCR penyulang akan mulai *pickup* (mulai membaca ada ketidak normalan pada sistem) pada arus 405,77 A pada OCR incoming *pickup* pada arus 1818,65 A GFR penyulang *pickup* pada arus 27,5 A pada GFR incoming *pickup* pada arus 22 A . Kenaikan jumlah penduduk akan mempengaruhi kenaikan jumlah beban pada tiap penyulang sehingga dapat mempengaruhi setting pada relay untuk itu perlunya evaluasi pada tiap relay sehingga dapat menjaga keandalan dalam menjaga daerah proteksinya.

**Kata kunci:** OCR, GFR, Penyulang, Incoming, Proteksi, Normal Invers

Djoenarso, Erwin Cahyo<sup>1</sup>, Muhammad Arwan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro <sup>2</sup>Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Jl. Sultan Alaudin No.259 Makassar

E\_mail : [erwincahyo.erwin194@gmail.com](mailto:erwincahyo.erwin194@gmail.com)

## ABSTRAK

Electric power is one of the basic needs at this time. Therefore electric power must be available economically by considering its quality both voltage and current and frequency and reliability. In order to maintain the continuity of the electric power line, protection is needed according to needs. Its function is to localize the disturbance area to be as small as possible, so that only the affected area is freed from the electric power circuit and also has to consider the level of security of electric power stability equipment and security for humans. From this analysis, the value of overcurrent relay protection (OCR) and soil disturbance relay (GFR) value will be obtained along with how the coordination of OCR and GFR is based on the curve used in the relay setting. Based on these results it is known that based on the normal inverse curve the feeder relay will work faster than relay incoming, on the OCR relay the pickup will start pickup (start reading any abnormalities on the system) on the current 405.77 A on the incoming pickup OCR on the 1818.65 flow A GFR feeder pickups at current 27.5 A on the GFR incoming pickup on current 22 A. The increase in population will affect the increase in the amount of load on each feeder so that it can affect the setting on the relay for that the need for evaluation on each relay so that it can maintain reliability in maintaining the protection area.

**Keywords:** OCR, GFR, Feeder, Incoming, Protection, Normal Inversion



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. RUMUSAN MASLAH.....	2
C. TUJUAN PENELITIAN.....	2
D. BATASAN MASALAH.....	2
E. MANFAAT PENELITIAN.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. PENGERTIAN SISTEM PROTEKSI .....	4
B. FUNGSI SISTEM PROTEKSI.....	4
C. PERSYARATAN SISTEM PROTEKSI .....	5
1. <i>Selektivitas</i> .....	5
2. <i>Stabilitas</i> .....	6
3. Kecepatan .....	6
4. <i>Sensitivitas</i> .....	7
D. <i>RELAY</i> PROTEKSI.....	7
1. <i>Relay</i> Sebagai Peralatan Pengaman.....	8
E. RELE ARUS LEBIH ( <i>OVERCURRENT RELAY</i> ).....	9
1. Prinsip kerja <i>OCR</i> .....	9

F. RELE GANGGUAN TANAH ( <i>GROUND FAULT RELAY</i> ) .....	10
1. Prinsip Kerja <i>GFR</i> .....	10
G. <i>RELAY</i> BERDASARKAN KARAKTERISTIK WAKTU KERJANYA..	10
1. <i>Instantaneous</i> .....	11
2. <i>Devinite Time Delay</i> .....	11
3. <i>Invers Time Delay</i> .....	12
H. Perhitungan Gangguan Hubung Singkat .....	12
1. Menghitung Impedansi .....	14
2. Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat .....	18
I. Setting OCR ( <i>Over Current Relay</i> ) .....	21
1. Setting Arus .....	21
2. Setting Waktu .....	21
J. Setting <i>GFR</i> ( <i>Ground Fault Relay</i> ) .....	22
1. Setelan Arus .....	22
2. Setting Waktu .....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN .....	24
B. DATA (PARAMETER) DAN VARIABEL PENELITIAN.....	24
1. Data .....	24
2. Variabel Penelitian .....	27
C. LANGKAH PENELITIAN.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
A. Perhitungan Arus Hubung Singkat .....	29
1. Menghitung Impedansi sumber .....	30
2. Menghitung Impedansi Trafo .....	30
3. Menghitung Impedansi penyulang .....	31
4. Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan .....	32
5. Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat .....	33
B. Setelan Relay Arus Lebih Dan Gangguan Tanah .....	35
1. Setelan Relay Arus Lebih Sisi Penyulang .....	35
2. Setelan Relay Arus Lebih Sisi Incoming.....	36

3. Setelan Relay Gangguan Tanah Sisi Penyulang.....	37
4. Setelan Relay Gangguan Tanah Sisi Incoming .....	38
C. Pemeriksaan Waktu Kerja Relay .....	39
1. Gangguan 3 fasa .....	39
2. Gangguan 2 fasa .....	40
3. Gangguan 1 fasa ke tanah.....	41
D. Perbandinga Hasil Perhitungan Dengan Data Dilapangan.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
A. Kesimpulan .....	44
B. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Kerja Relay .....	9
Gambar 2.2 Single line Skema kerja Relai OCR .....	10
Gambar 2.3 Kurva Prinsip kerja <i>Relay Instaneous</i> .....	11
Gambar 2.4 Kurva Prinsip kerja <i>Relay Defenite</i> .....	11
Gambar 2.5 Kurva Prinsip kerja <i>Relay Invers</i> .....	12
Gambar 2.6 Sketsa Letak pengambilan Impedansi .....	14
Gambar 3.2 Flowchart Penelitian.....	28



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Perhitungan Impedansi Uutan Positif dan Negatif .....	31
<b>Tabel 4.2</b> perhitungan Impedansi Penyulang urutan Nol .....	32
<b>Tabel 4.3</b> Impedansi Ekvaleen Jaringan Urutan Positif .....	32
<b>Tabel 4.4</b> Impedansi Ekvaleen Jaringan Urutan Nol .....	33
<b>Tabel 4.5</b> Arus Hubung Singkat 3 fasa.....	33
<b>Tabel 4.6</b> Arus Hubung Singkat 2 fasa.....	34
<b>Tabel 4.7</b> Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah .....	35
<b>Tabel 4.8</b> Perbandingan hasil perhitungan dengan data di lapangan.....	43



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Di Indonesia, jaringan listrik bisa ditarik sepanjang puluhan sampai ratusan kilometer, apalagi jaringan dengan konduktor tanpa isolasi pengan makin memperbesar resiko terjadinya gangguan seperti gangguan antar fasa atau gangguan antara fasa dengan tanah. Jaringan listrik indonesia memiliki beberapa titik percabangan, yaitu Gardu Induk dan Gardu Distribusi. Gardu induk dihubungkan dengan jaringan transmisi, yaitu tower-tower listrik yang menjulang tinggi dan memiliki tegangan 30kV sampai 500kV. Sedangkan Gardu Distribusi dihubungkan dengan jaringan distribusi yaitu tiang-tiang beton dengan 3 sampai 6 kabel dan bertegangan 20kV yang letaknya berada dalam kota.

Pada jaringan distribusi biasanya lebih banyak mengalami gangguan hubung singkat antara fasa atau antara fasa dengan tanah, ini disebabkan pada jaringan distribusi tinggi tiang sekitar 12-15 meter sehingga dapat tersentuh dengan pepohonan atau ranting dan batang pohon yang terjatuh ke jaringan. Bila terjadi gangguan dan proteksi tidak bekerja dengan baik bisa menyebabkan kerusakan permanen pada peralatan.

Untuk itu Sistem proteksi memiliki peran penting dalam mendeteksi adanya gangguan sehingga dapat mencegah kerusakan yang diakibatkan gangguan. Koordinasi sistem proteksi yang baik akan mengisolasi daerah gangguan dan mencegah pemadaman di daerah lain. Hal ini dapat meningkatkan

keandalan sistem dengan menjaga kontinuitas *supply* pada beban. Untuk menjaga dan meningkatkan performa sistem proteksi perlu dilakukan suatu *study* terhadap koordinasi rele pengaman yang terpasang, sehingga perlu dilakukannya penelitian untuk menganalisis koordinasi rele atau Relay proteksi khususnya pada proteksi arus lebih (*Overcurrent Relay*) dan proteksi pentanahan (*Ground Fault Relay*).

## **B. RUMUSAN MASLAH**

1. Bagaimana koordinasi waktu antara *relay* dalam mengawasi dan menanggulangi gangguan pada daerah proteksinya?
2. Berapa *setting* arus dan waktu yang digunakan *relay* proteksi tersebut sehingga dapat menjaga keandalannya?

## **C. TUJUAN PENELITIAN**

1. Menghitung dan mengetahui koordinasi waktu *relay* dalam mengawasi dan menanggulangi gangguan pada daerah proteksinya berdasarkan karakteristik kurva yang digunakan.
2. Menghitung besar *setting* arus yang digunakan relay

## **D. BATASAN MASALAH**

Penulisan skripsi ini berfokus pada analisis setting dan koordinasi *relay Over Current Relay (OCR)* dan *Ground Fault Relay (GFR)* serta jaringan Distribusi tenaga listrik.

## **E. MANFAAT PENELITIAN**

Manfaat yang didapat dari penelitian ini yaitu :

Mendapat pengetahuan lebih mengenai *Relay* khususnya mengenai *Relay OCR* (*OverCurrent Relay*) dan *GFR* (*Ground Fault Relay*). Menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan sistem proteksi jaringan distribusi.

## **F. SISTEMATIKA PENULISAN**

### **BAB I**

Berisi tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat dan sistematika penulisan

### **BAB II**

Bab ini berisi tentang teori pendukung yang mendasari penulisan tugas akhir ini, yaitu berisi tentang apa itu sistem proteksi, syarat sistem proteksi, apa itu itu relay *OCR* dan *GFR*, serta cara perhitungan untuk mensetting relay.

### **BAB III**

Pada bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, data dan variabel penelitian, serta langkah-langkah dalam penelitian.

### **BAB IV**

Bab ini berisi tentang perhitungan analisis setting dan koordinasi relay

### **BAB V**

Berisi kesimpulan dari seluruh proses yang telah dilakukan dalam mengerjakan tugas akhir ini serta saran.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. PENGERTIAN SISTEM PROTEKSI**

Sistem proteksi tenaga listrik merupakan suatu sistem pengamanan yang digunakan untuk mengamankan peralatan listrik apabila terjadi gangguan atau kondisi abnormal. Sistem proteksi harus dapat bekerja dalam waktu yang sangat cepat sehingga gangguan dapat terisolir.

Secara umum sistem proteksi harus bekerja sesuai dengan yang diharapkan dengan waktu yang cepat sehingga tidak akan mengakibatkan kerusakan, dan jika suatu peralatan terjadi kerusakan dapat secara dini diketahui, sehingga gangguan tidak menimbulkan pemadaman bagi konsumen (Samaulah & Hazairin. 2004).

#### **B. FUNGSI SISTEM PROTEKSI**

Menurut Arismunandar & Kuwahara(2004) Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari kondisi kerja yang kurang normal atau kondisi gangguan. Jika terjadi kondisi tidak normal pada peralatan yang diproteksi maka sistem proteksi yang digunakan akan merasakan kondisi tadi dan kemudian memberi tanda bahaya ke pemutus CB (*Circuit Breaker*).

Pemutus beban atau (*circuit breaker*) merupakan satu rangkaian dengan peralatan rele pengaman. Oleh sebab itu pemutuss beban harus mempunyai kemampuan memutuskan arus hubung singkat sesaat maksimum yang dapat mengalir melaluinya.Fungsi lain dari sistem pengaman adalah untuk mengetahui

letak dan jenis gangguan. Sehingga data-data tersebut dapat dipakai untuk pedoman perbaikan peralatan yang rusak dengan membandingkan data-data yang diperoleh dari pengaman orang dan hasil pengukuran otomatis. Biasanya semua data tersebut dianalisa secara efektif guna langkah pencegahan gangguan dan juga mengetahui apa kekurangan-kekurangan yang terjadi pada sistem pengaman termasuk rele itu sendiri.

Jika dirumuskan maka fungsi sistem proteksi adalah sebagai berikut :

3. Membunyikan alarm sebagai tanda adanya gangguan dan memberikan informasi mengenai jenis gangguan yang terjadi pada sistem.
4. Membuat seminimum mungkin bahaya kerusakan pada peralatan-peralatan lain.
5. Memblok rele-rele lain agar tidak bekerja untuk suatu kondisi tertentu.

### **C. PERSYARATAN SISTEM PROTEKSI**

Pada sistem proteksi tenaga listrik, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi demi mengamankan peralatan-peralatan listrik yang ada. Untuk itu ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh suatu sistem proteksi, seperti berikut ini:

#### **1. *Selektivitas***

*Selektivitas* suatu sistem proteksi jaringan tenaga adalah kemampuan *relay* proteksi untuk melakukan *tripping* secara tepat sesuai rencana yang telah ditentukan pada saat mendesain sistem proteksi tersebut.

Dalam pengertian lain, selektivitas berarti *relay* harus mempunyai daya beda, sehingga mampu dengan tepat memilih bagian yang terkena gangguan. Kemudian *relay* bertugas mengamankan peralatan dengan cara mendeteksi adanya gangguan dan memberikan perintah kepada pemutus tenaga (PMT) agar pemutus tenaga membuka kontakannya sehingga hanya memutuskan pada daerah yang terganggu.

## 2. *Stabilitas*

*Stabilitas* sistem proteksi biasanya terkait dengan skema unit proteksi, yang dimaksudkan untuk menggambarkan kemampuan sistem proteksi tertentu untuk tetap bertahan pada karakteristik kerjanya dan tidak terpengaruh faktor luar di luar daerah proteksinya, misalnya pada arus beban lebih dan arus gangguan lebih.

Dengan kata lain, *stabilitas* dapat juga didefinisikan sebagai kemampuan untuk tetap konsisten hanya bekerja pada daerah proteksi di mana dia dirancang tanpa terpengaruh oleh berbagai parameter luar yang tidak merupakan besaran yang perlu diperhitungkan.

## 3. *Kecepatan*

Fungsi sistem proteksi adalah untuk mengatasi gangguan secepat dan sesegera mungkin. Tujuan utamanya adalah mengamankan kontinuitas pasokan daya dengan menghilangkan setiap gangguan sebelum gangguan tersebut berkembang atau meluas ke arah yang membahayakan stabilitas dan hilangnya sinkronisasi sistem yang pada akhirnya dapat merusak sistem tenaga tersebut.

Seperti isolasi bocor akibat adanya gangguan tegangan lebih terlalu lama sehingga peralatan listrik yang diamankan dapat mengalami kerusakan. Namun demikian, sistem proteksi atau yang sering disebut relay proteksi ini tidak boleh bekerja terlalu cepat (kurang dari 10ms). Disamping itu, waktu kerja relay tidak boleh melampaui waktu penyetelan kritis. Pada sistem yang besar atau luas, kecepatan pada relay proteksi sangat diperlukan karena untuk menjaga kestabilan sistem agar tidak terganggu.

#### 4. *Sensitivitas*

*Sensitivitas* adalah istilah yang sering dikaitkan dengan harga besaran penggerak minimum, seperti *level* arus minimum, tegangan, daya dan besaran lain dimana *relay* atau skema proteksi masih dapat bekerja dengan baik. Suatu *relay* disebut sensitif bila parameter operasi utamanya rendah. Artinya, semakin rendah besaran parameter penggerak maka perangkat tersebut dikatakan semakin sensitif. Sehingga relay harus dapat bekerja pada awal terjadinya gangguan. (Jamaluddin Rizal dkk.2018).

#### D. **RELAY PROTEKSI**

*Relay* proteksi adalah susunan peralatan pengaman yang dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau ketidakstabilan sistem, yang kemudian secara otomatis dapat memberikan respons berupa sinyal untuk menggerakkan sistem mekanis pemutus tenaga agar dapat terpisahkan bagian yang terganggu.

*Relay* proteksi biasanya digunakan untuk mendeteksi adanya gangguan pada sistem tenaga listrik, terutama untuk:

1. Memberikan tanda bahaya atau membuka *circuit breaker* (CB) sehingga memisahkan sebagian dari sistem tersebut selama terjadinya kondisi yang tidak normal.
2. Memutuskan bagian sistem yang tidak normal sehingga mencegah kesalahan berikutnya.
3. Melepas pemutus tenaga apabila gangguan dianggap membahayakan peralatan-peralatan listrik seperti : generator, trafo, dan sebagainya.

Gangguan dalam sistem tenaga listrik tidak dapat dihindarkan, akan tetapi dapat mengurangi atau membatasi akibat dari gangguan tersebut sekecil mungkin dan dalam waktu sesingkat mungkin dengan menggunakan *relay* proteksi

### **1. *Relay* Sebagai Peralatan Pengaman**

Rele merupakan bagian dari peralatan sistem tenaga listrik yang digunakan untuk memberikan sinyal kepada *circuit breaker*, supaya dapat memutuskan dan menghubungkan pelayanan penyaluran pada elemen sistem tenaga listrik. Rele ini akan memberikan sinyal kepada *circuit breaker* untuk memutuskan sistem tenaga listrik jika terjadi gangguan. Pada dasarnya rele proteksi terdiri dari sebuah elemen operasi dan seperangkat kontak. Elemen operasi menerima masukan arus dari transformator arus ataupun tegangan dari transformator tegangan atau kombinasi dari keduanya. bKeadaan keluaran dari rele adalah menutup (*close*) dan ditahan (*block*). Jika keadaan tertutup maka rele akan memberikan sinyal untuk

melakukan proses pembukaan dari *circuit breaker* dimana pada gilirannya akan mengisolasi gangguan dari bagian sistem tenaga listrik lain yang sehat.



**Gambar 2.1 Skema Kerja Relay**

### **E. RELE ARUS LEBIH (*OVERCURRENT RELAY*)**

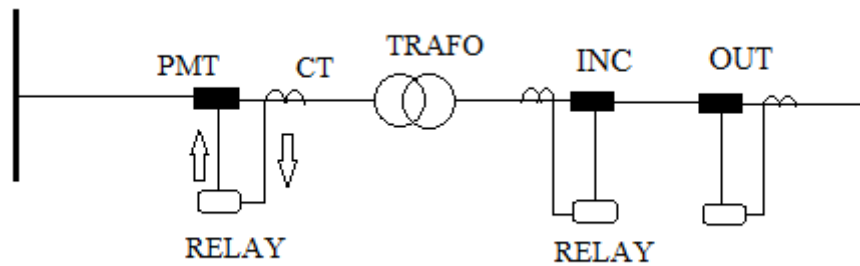
Menurut Yoyok Triyono,dkk (2013) Relay arus lebih merupakan suatu jenis rele yang bekerja berdasarkan besarnya arus masukan, dan apabila besarnya arus masukan melebihi suatu harga tertentu yang dapat diatur ( $I_p$ ) maka rele arus lebih bekerja. Dimana  $I_p$  merupakan arus kerja yang dinyatakan menurut gulungan sekunder dari trafo arus (CT). Bila suatu gangguan terjadi di dalam daerah perlindungan rele, besarnya arus gangguan ( $I_f$ ) yang juga dinyatakan terhadap gulungan sekunder CT juga. Rele akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut :

$I_f > I_p$  rele bekerja (trip)

$I_f < I_p$  tidak bekerja (blok)

#### **1. Prinsip kerja OCR**

Menurut Darmawan & Dimas, prinsip kerja *Over Current Relay* yaitu berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan *relay*, baik disebabkan gangguan hubung singkat atau *overload* (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah *trip* ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya



**Gambar 2.2 Single line Skema kerja Relai OCR**

## **F. RELE GANGGUAN TANAH (*GROUND FAULT RELAY*)**

Pada dasarnya prinsip kerja *relay GFR* sama dengan *relay* arus lebih namun berbeda dalam kegunaannya. Apabila *relay OCR* mendeteksi gangguan antara fasa maka pada *relay GFR* mendeteksi gangguan antara fasa dengan pentanahan sehingga dapat membatasi arus gangguan ke tanah.

### **1. Prinsip Kerja *GFR***

Pada kondisi normal beban seimbang  $I_r$ ,  $I_s$ ,  $I_t$  sama besar, sehingga pada kawat netral tidak timbul arus dan relai hubung tanah tidak di aliri arus. Bila terjadi ketidakseimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga relai hubung tanah akan bekerja.

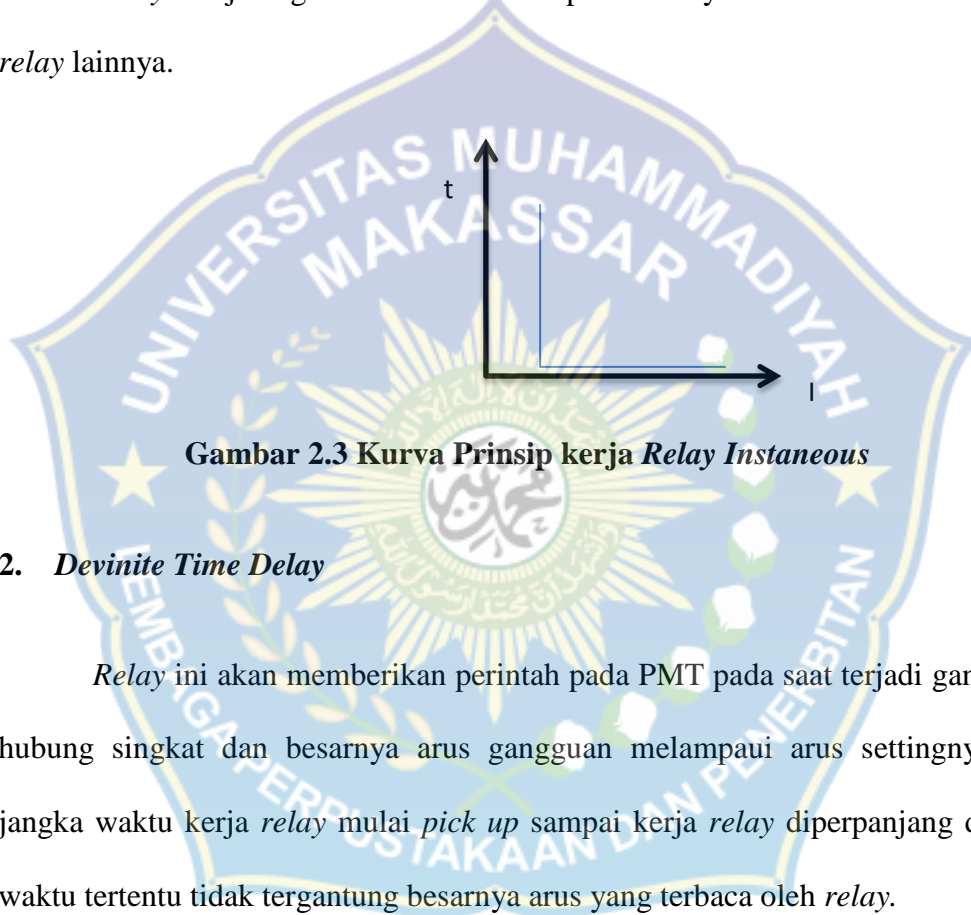
## **G. RELAY BERDASARKAN KARAKTERISTIK WAKTU KERJANYA**

Berdasarkan karakteristik waktu kerjanya (*kurva*) *relay* dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya :

### 1. *Instantaneous*

Yaitu *relay* yang bekerja tanpa waktu tunda. *relay* ini memberikan perintah kepada PMT bila arus gangguan melebihi arus setelannya. *Relay* akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10,-20 ms).

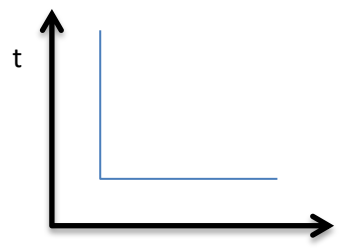
*Relay* ini jarang berdiri sendiri tetapi umumnya dikombinasikan dengan *relay* lainnya.



Gambar 2.3 Kurva Prinsip kerja *Relay Instaneous*

### 2. *Devinite Time Delay*

*Relay* ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui arus settingnya dan jangka waktu kerja *relay* mulai *pick up* sampai kerja *relay* diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang terbaca oleh *relay*.

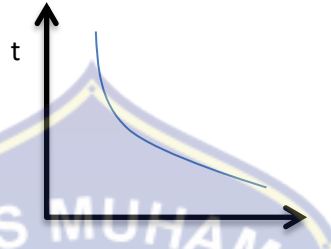


Gambar 2.4 Kurva Prinsip kerja *Relay Defenite*



### 3. *Invers Time Delay*

*Relay* ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*invers time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya.



Gambar 2.5 Kurva Prinsip kerja *Relay Invers*

### H. Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan arus gangguan hubung singkat sangat penting untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik pada waktu perencanaan maupun setelah beroperasi nantinya. Perhitungan arus hubung singkat dibutuhkan untuk :

1. *Setting* dan koordinasi peralatan proteksi
2. Menentukan kapasitas alat pemutus daya
3. Menentukan *rating* hubung singkat peralatan-peralatan yang digunakan menganalisa sistem jika ada hal-hal yang tidak baik yang terjadi pada waktu sistem sedang beroperasi.

Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi dalam jaringan yaitu :

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa
2. Gangguan hubung singkat 2 fasa
3. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Semua gangguan hubung singkat tersebut arus gangguannya dihitung dengan menggunakan rumus dasar yaitu :

$$I = \frac{V}{Z} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana

I = Arus yang mengalir pada hambatan Z (A)

V = Tegangan sumber (V)

Z = Impedansi jaringan, nilai ekivalen dari seluruh impedansi di dalam jaringan dari sumber tegangan sampai titik gangguan ( $\Omega$ )

Yang membedakan antara ketiga jenis gangguan tersebut adalah impedansi yang terbentuk sesuai dengan macam gangguan itu sendiri dan tegangan yang memasok arus ke titik gangguan.

Impedansi yang terbentuk dapat ditunjukkan sebagai berikut :

Z untuk gangguan 3 fasa  $Z = Z_1$

Z untuk gangguan 2 fasa  $Z = Z_1 + Z_2$

Z untuk gangguan 1 fasa  $Z = Z_1 + Z_2 + Z_0 \dots \dots \dots (2.2)$

Dimana :

$Z_1$  impedansi urutan positif ( $\Omega$ )

$Z_2$  impedansi urutan negatif ( $\Omega$ )

$Z_0$  impedansi urutan nol ( $\Omega$ )

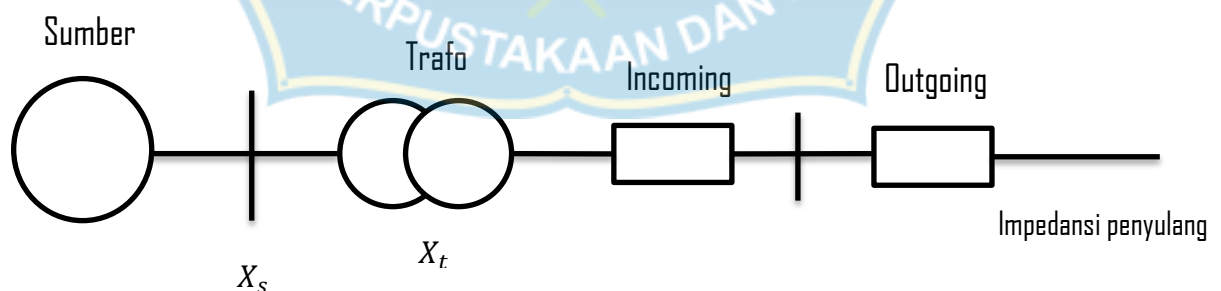
Untuk itu agar bisa menghitung arus gangguan hubung singkat , perlu dilakukan beberapa tahap perhitungan yaitu sebagai berikut :

## 1. Menghitung Impedansi

Dalam menghitung impedansi dikenal tiga macam impedansi urutan yaitu :

- Impedansi urutan positif (  $Z_1$  ), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan positif.
- Impedansi urutan negatif (  $Z_2$  ), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh arus urutan negatif.
- Impedansi urutan nol (  $Z_0$  ), yaitu impedansi yang hanya dirasakan oleh urutan nol.

Sebelum melakukan perhitungan arus hubung singkat, ada beberapa jenis impedansi yang harus dihitung, maka kita harus memulai perhitungan pada rel daya tegangan primer di gardu induk untuk berbagai jenis gangguan, kemudian menghitung pada titik – titik lainnya yang letaknya semakin jauh dari gardu induk tersebut. Untuk itu diperlukan pengetahuan mengenai dasar impedansi urutan rel daya tegangan tinggi atau bisa juga disebut sebagai impedansi sumber, impedansi transformator, dan impedansi penyulang.



**Gambar 2.6 Sketsa Letak pengambilan Impedansi**

Dimana :

$X_s$  Impedansi Sumber

$X_t$  Impedansi Trafo

**a. Impedansi Sumber**

Untuk menghitung impedansi sumber sisi bus 20 kV, maka harus dihitung dulu impedansi sumber di bus 150 kV. Impedansi sumber di bus 150 kV diperoleh dengan rumus :

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$X_s$  Impedansi sumber

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

$MVA$  Data hubung singkat di bus 150 kV (MVA)

Arus gangguan hubung singkat sisi 20 kV di peroleh dengan cara mengkonversikan impedansi sumber di bus 150 kV ke sisi 20 Kv. Untuk mengkonversikan impedansi yang terletak di sisi 150 kV dapat menggunakan rumus :

$$X_s (sisi 20 kV) = \frac{20^2}{150^2} \times X_s (sisi 150 kV) \dots\dots\dots(2.4)$$

**b. Impedansi Trafo**

Dalam perhitungan impedansi trafo yang diambil adalah harga reaktansinya. Dan untuk mencari nilai reaktansi trafo dalam Ohm dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X_t(100\%) = \frac{kV^2}{MVA} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$X_t$  impedansi trafo ( $\Omega$ )

$kV^2$  tegangan sisi skunder trafo tenaga (kV)

MVA kapasitas daya trafo tenaga (MVA)

Untuk mencari reaktansi urutan positif dan negatif ( $X_{t1} = X_{t2}$ ) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X_{t1} = X_{t2} = \text{Impedansi Trafo (\%)} \times X_t (100\%) \dots \dots \dots (2.6)$$

Sebelum menghitung reaktansi urutan nol ( $X_{t0}$ ), terlebih dahulu harus diketahui data trafo tenaga itu sendiri yaitu dari kapasitas belitan delta yang ada pada trafo :

- Untuk trafo tenaga dengan hubungan dY dimana kapasitas belitan delta sama dengan kapasitas belitan Y, maka  $X_{t0} = X_{t1}$
- Untuk trafo tenaga dengan hubungan belitan Yyd dimana kapasitas belitan delta adalah sepertiga dari kapasitas belitan Y, maka  $X_{t0} = 3 \times X_{t1}$
- Untuk trafo dengan hubungan YY dan tidak memiliki belitan delta di dalamnya, maka menghitung  $X_{t0} = 9 \text{ s/d } 14 \times X_{t1} \dots \dots \dots (2.7)$

**c. Impedansi penyulang**

Untuk perhitungan impedansi penyulang, perhitungannya tergantung dari besarnya impedansi per km dari penyulang yang akan dihitung, dimana besar nilainya tergantung pada jenis penghantarnya, yaitu dari bahan apa penghantar tersebut dibuat dan juga tergantung dari besar kecilnya penampang dan panjang penghantarnya.

Disamping itu penghantar juga dipengaruhi perubahan temperatur dan konfigurasi dari penyulang juga sangat mempengaruhi besarnya impedansi penyulang tersebut. Contoh besarnya nilai impedansi suatu penyulang :

$$Z = (R + jX)$$

Sehingga untuk impedansi penyulang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$Z_1 = Z_2 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z_1 \text{ per km } (\Omega) \dots\dots(2.8)$$

$$Z_0 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z_0 \text{ per km } (\Omega) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

$Z_1$  Impedansi Urutan positif ( $\Omega$ )

$Z_2$  Impedansi Urutan negatif ( $\Omega$ )

$Z_0$  Impedansi Urutan nol ( $\Omega$ )

**d. Impedansi Ekvivalen**

Perhitungan yang akan dilakukan di sini adalah perhitungan besarnya nilai impedansi ekivalen positif, negatif dan 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 ditanahkan. Akan tetapi untuk menghitung impedansi  $Z_{0eq}$  ini, harus diketahui dulu hubungan belitan trafonya.

Sehingga untuk Impedansi Ekuivalen jaringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1} + Z_1(\text{penyulang}) \dots \dots \dots (2.10)$$

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3RN + Z_0(\text{penyulang}) \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

$Z_{1eq}$  Impedansi Ekuivalen jaringan urutan positif ( $\Omega$ )

$Z_{2eq}$  Impedansi Ekuivalen jaringan urutan negatif ( $\Omega$ )

$Z_{0eq}$  Impedansi Ekuivalen jaringan urutan nol ( $\Omega$ )

$Z_{s1}$  Impedansi sumber sisi 20 kV ( $\Omega$ )

$Z_{t1}$  Impedansi trafo urutan positif dan negatif ( $\Omega$ )

$Z_1$  Impedansi urutan positif dan negatif ( $\Omega$ )

$Z_{t0}$  Impedansi trafo tenaga urutan nol ( $\Omega$ )

$RN$  Tahanan tanah trafo tenaga ( $\Omega$ )

$Z_0$  Impedansi urutan nol ( $\Omega$ )

## 2. Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

Menurut Affandi (2009) Perhitungan arus gangguan hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar, impedansi ekuivalen mana yang dimasukkan ke dalam rumus dasar tersebut adalah jenis gangguan hubung singkat tiga fasa, dua fasa, atau satu fasa ke tanah. Sehingga formula yang digunakan untuk perhitungan arus hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa ketanahberbeda.

**a. Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa**

Rangkaian gangguan tiga fasa pada suatu jaringan dengan hubungan transformator tenaga YY dengan netral ditanahkan melalui suatu tahanan. Ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

Berdasarkan persamaan 2.1 rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besar arus hubung singkat sehingga untuk menghitung besar arus hubung singkat 3 fasa adalah sebagai berikut :

$$I_{3\ fasa} = \frac{V_{F-N}}{Z_{1eq}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

$I_{3\ fasa}$  Arus Gangguan Hubung Singkat 3 fasa (A)

$V_{F-N}$  Tegangan Fasa-Netral sistem 20 kV =  $\frac{20.000}{\sqrt{3}}$  (V)

$Z_{1eq}$  Impedansi Ekvivalen urutan positif ( $\Omega$ )

**b. Perhitungan Arus Hubung Singkat 2 Fasa**

Gangguan hubung singkat 2 fasa pada saluran tenaga dengan hubungan transformator YY dengan netral ditanahkan melalui RNGR, ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

Berdasarkan rumus dasar pada persamaan 2.1 maka untuk menghitung besar arus hubung singkat 2 fasa adalah sebagai berikut :

$$I_{2\ fasa} = \frac{V_{F-F}}{Z_{1eq}+Z_{2eq}} \dots\dots\dots(2.13)$$

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



$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{V_{F-F}}{2 \times Z_{1eq}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

$I_{2 \text{ fasa}}$  Arus gangguan hubung singkat 2 fasa (A)

$V_{F-F}$  Tegangan fasa-fasa sistem 20 kV = 20.000 (V)

$Z_{1eq}$  Impedansi urutan positif

**c. Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah**

Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah pada saluran tenaga dengan hubungan transformator YY dengan netral ditanahkan melalui R<sub>N</sub>GR, ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

Berdasarkan persamaan 2.1, Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah juga dengan rumus :

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}} = \frac{3 \times V_{F-N}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \dots \dots \dots (2.15)$$

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

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}} = \frac{3 \times V_{F-N}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

$I_{1 \text{ fasa-tanah}}$  Arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah (A)

$V_{F-N}$  Tegangan fasa-netral sistem 20 kV =  $\frac{20.000}{\sqrt{3}}$  (V)

$Z_{1eq}$  Impedansi urutan positif ( $\Omega$ )

$Z_{0eq}$  Impedansi urutan nol ( $\Omega$ )

## I. Setting OCR (Over Current Relay)

### 1. Setting Arus

Pada dasarnya batas penyetelan rele arus lebih adalah rele tidak boleh bekerja pada saat beban maksimum. Arus settingnya harus lebih besar dari arus beban maksimumnya. Arus penyetelan pun harus memperhatikan kesalahan *pick up* sesuai dengan *British Standard Pick Up* = 1.05 s/d 1.3 Iset.

Arus *setting* untuk *relay* OCR baik pada sisi primer maupun pada sisi sekunder transformator adalah :

$$I_{set} (primer) = 1,05 \times I_n \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana :

$I_{set} (primer)$  Setelan Arus primer

$I_n$  Arus nominal (Arus Beban)

Nilai tersebut adalah nilai primer untuk mendapatkan nilai sekunder yang dapat disetkan pada *relay* OCR, maka harus dihitung dengan rasio CT yang terpasang pasang pada sisi primer maupun sisi sekunder trafo.

$$I_{set} (sekunder) = I_{set} (primer) \times \frac{1}{Ratio CT} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

$I_{set} (sekunder)$  Setelan Arus Sekunder

### 2. Setting Waktu

Penyetelan waktu kerja rele terutama dipertimbangkan terhadap kecepatan dan *selektivitas* kerja dari rele, sehingga rele tidak salah operasi, yang dapat

menyebabkan tujuan pengaman tidak berarti. Untuk *setting* waktu sesuai *standard* IEEE 242. Berdasarkan standar IEEE 242 mengenai koordinasi proteksi waktu kerja relay berkisar antara 0.3 – 0.4 detik untuk relay analog dan 0.2 – 0.4 detik untuk relay digital. Hal ini bertujuan untuk memastikan zona back-up dapat bekerja ketika zona primer gagal dan menghindari terjadinya trip secara bersamaan.

$$t = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \dots\dots\dots(2.19)$$

**J. Setting GFR (Ground Fault Relay)**

**1. Setelan Arus**

*Range setting* dari rele ini misal 20% - 80% dari *rating* arusnya atau bahkan lebih rendah, referensi lain menggunakan 10% - 50%, sehingga *setting*  $I_{set}$  adalah sebagai berikut :

$$I_{set} (Primer) = 10\% \times I_n \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$I_{set} (Primer)$  Setelan arus primer

$I_n$  Arus nominal (Arus ganggun hubung singkat terkecil)

$$I_{set} (Sekunder) = I_{set} (primer) \times \frac{1}{Ratio CT} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

$I_{set} (Sekunder)$  Setelan Arus sekunder

## 2. Setting Waktu

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai setelan waktu kerja *relay* (TMS). Sama halnya dengan *relay* OCR, *relay* GFR menggunakan rumus settingan TMS yang sama, tetapi waktu kerja *relay* yang diinginkan berbeda. *Relay* GFR cenderung lebih sensitif dari *relay* OCR.

Untuk menghitung nilai TMS yang akan disetkan pada *relay* GFR sisi incoming 20 kV dan sisi 150 kV transformator tenaga diambil arus hubung singkat 1 fasa ke tanah.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

Waktu : Penelitian dilakukan selama  $\pm 5$  bulan dari bulan Februari- Mei.  
Pengambilan data dilakukan dalam kurun waktu  $\pm 1$  Minggu pada awal bulan Mei, data yang diambil berupa data setting relay OCR/GFR, data trafo 2, data penyulang, dan kapasitas hubung singkat GI

Tempat : Gardu Induk 150 kV

#### **B. DATA (PARAMETER) DAN VARIABEL PENELITIAN**

##### **1. Data**

##### **1.1 Data Trafo 2**

Merk : UNINDO  
Kapasitas Daya : 60 MVA  
Tegangan Primer : 150 kV  
Tegangan Skunder : 20 kV  
Impedansi : 12,46 %  
Rasio CT : 2000/5  
Frekuensi : 50 Hz  
RN : 40  $\Omega$

## 1.2 Data OCR Incoming

Merk	: SIEMENS
Type	: 7SJ803
Kurva	: Normal Invers
I set sekunder	: 4,87 A
I set Primer	: 1948 A
Rasio CT	: 2000/5 A
TMS	: 0,22 s

## 1.3 Data OCR Outgoing ( Penyulang Unhas)

Merk	:SIEMENS
Type	: 7SJ803
Kurva	: Normal Invers
I set Sekunder	: 3,35
I set Primer	: 402 A
Rasio CT	: 600/5 A
TMS	: 0,1 s

## 1.4 Data GFR Incoming

Merk	: SIEMENS
Type	: 7SJ803
Kurva	: Normal Invers

I set Sekunder	: 0,25 A
I set Primer	: 30 A
Rasio CT	: 2000/5 A
TMS	: 0,18 s

### 1.5 Data GFR Outgoing ( Penyulang Unhas)

Merk	: SIEMENS
Type	: 7SJ803
Kurva	: Normal Invers
I set Sekunder	: 0,25 A
I set Primer	: 30 A
Rasio CT	: 600/5 A
TMS	: 0,1 s

### 1.6 Data penyulang Unhas

Panjang Penyulang	: 6,3 Km
Impedansi Urutan Nol	: $0,34 + j 1,6 \Omega/\text{Km}$
Impedansi Urututan Positif	: $0,19 + j 0,33 \Omega/\text{Km}$

## 2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arus Gangguan ( $I_f$ )  $I_f = \frac{V}{Z}$ ,

Impedansi Sumber ( $X_s$ )  $X_s = \frac{kV^2}{MVA}$ , Impedansi Trafo ( $X_t$ )  $X_t(100\%) = \frac{kV^2}{MVA}$ ,

Impedansi penyulang Urutan Positif dan Negatif ( $Z_1, Z_2$ )

$$Z_1 = Z_2 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z_1 \text{ per km } (\Omega)$$

Impedansi penyulang Urutan Nol ( $Z_0$ )

$$Z_0 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z_0 \text{ per km } (\Omega)$$

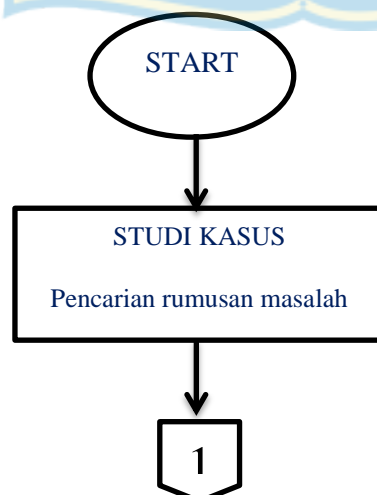
Arus Nominal ( $I_n$ )  $I_n = \frac{kVA}{kV\sqrt{3}}$ , Arus Setting ( $I_{set}$ )

$$\text{OCR} : I_{set} (\text{primer}) = 1,05 \times I_n \quad I_{set} (\text{sekunder}) = I_{set} (\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$$

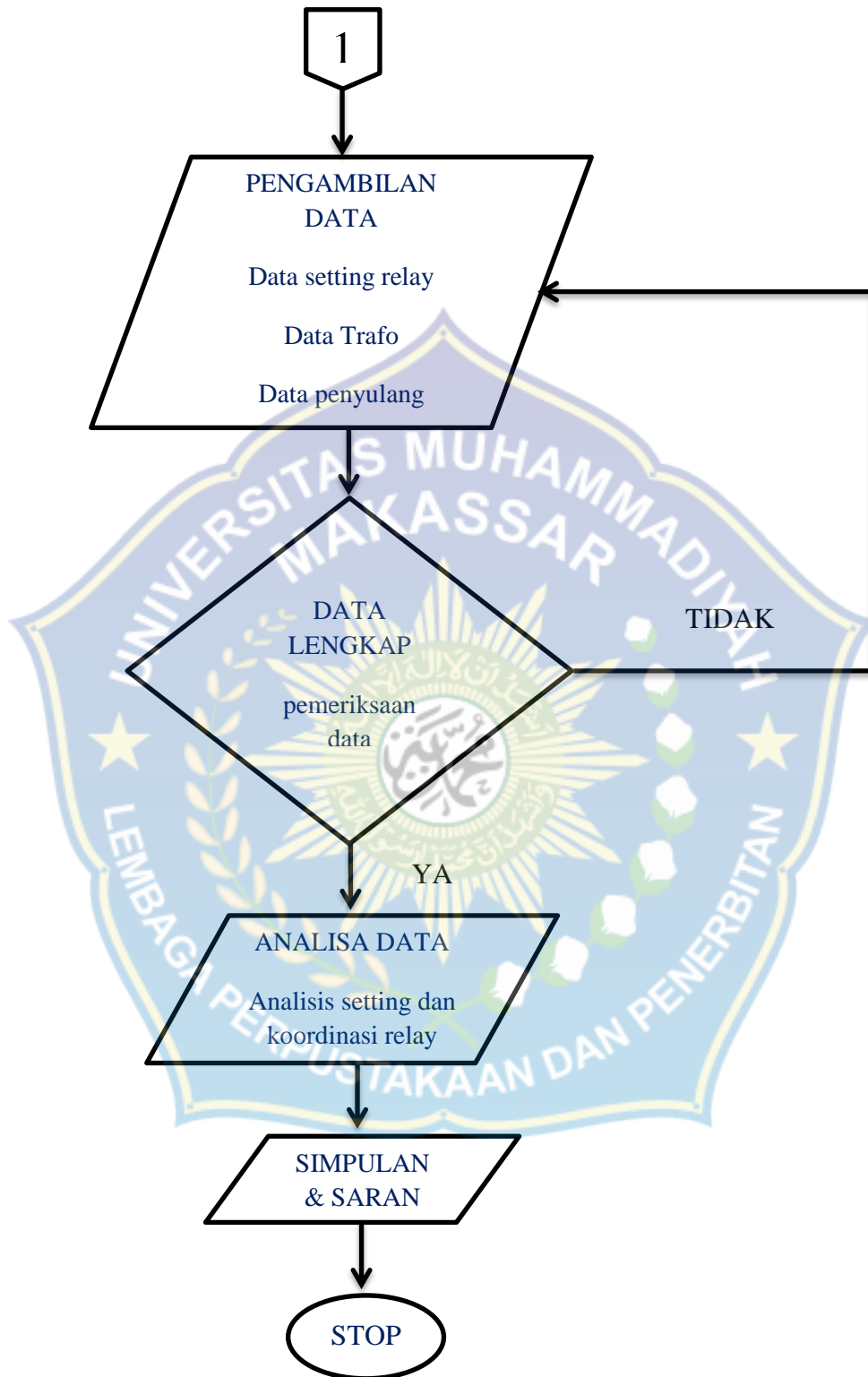
$$\text{GFR} : I_{set} (\text{Primer}) = 10\% \times I_n \quad I_{set} (\text{Sekunder}) = I_{set} (\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Ratio CT}}$$

$$\text{Time multiple setting (TMS)} \quad t = \frac{0,14 \cdot \text{TMS}}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1}, \quad \text{Waktu Kerja (t)} \quad t = \frac{0,14 \cdot \text{TMS}}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1}$$

## C. LANGKAH PENELITIAN







**Gambar 3.2 Flowchart Penelitian**

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Perhitungan Arus Hubung Singkat**

Keandalan suatu sistem tenaga listrik yaitu tersalurkannya listrik sampai dengan konsumen. Keandalan suatu sistem akan terganggu apabila terhambatnya penyaluran listrik kepada konsumen yang disebabkan oleh gangguan. Dalam hal ini gangguan hubung singkat yang paling sering terjadi. ada 3 jenis hubung singkat yang akan dihitung yaitu :

- Gangguan hubung singkat 3 fasa
- Gangguan hubung singkat 2 fasa
- Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Yang besar arus gangguannya berbeda- beda disetiap fasa dan titik gangguannya. Arus hubung singkat berbahaya bagi peralatan dan mengganggu pelayanan untuk itu perlu diketahui berapa besar maksimalnya untuk menentukan spesifikasi dari peralatan serta untuk keperluan setting pada relay. Pada GI 150 kV terdapat 11 penyulang, yaitu penyulang Uripsumoharjo, Kassi, Unhas, Paropo, Baruga, Tamalanrea, BTP, RS Wahidin, Racing, Asabri dan Antang. Dalam penelitian ini kami hanya akan melakukan analisis pada penyulang Unhas. Dalam perhitungan ini besar gangguan dihitung berdasarkan panjang dari penyulang Unhas dan diasumsikan terjasi pada 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dari panjang penyulang tersebut. Perhitungan dimulai dengan menghitung impedansi sumber kemudian impedansi trafo lalu impedansi penyulang. Perhitungan impedansi

tersebut diperlukan untuk mengetahui impedansi ekivalen penyulang, yang kemudian hasil perhitungannya digunakan untuk menghitung berapa besar arus hubung singkatnya.

### 1. Menghitung Impedansi sumber

Data besar kapasitas hubung singkat sisi primer (150) Gardu Induk 150 kV Tello adalah 2294 MVA, maka Impedansi Sumber  $X_s$  adalah :

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA}$$
$$X_s = \frac{150^2}{2294} = 9,8 \Omega$$

Untuk mengetahui Impedansi Sumber di Bus 20 kV maka kita harus mengkonversi impedansi sisi primer ke sisi sekunde dengan menggunakan rumus:

$$X_s (sisi 20 kV) = \frac{20^2}{150^2} \times X_s (sisi 150 kV)$$
$$X_s (sisi 20 kV) = \frac{20^2}{150^2} \times 9,8 = 0,174 \Omega$$

### 2. Menghitung Impedansi Trafo

Besarnya Impedansi Trafo tenaga di gardu induk 150 kV adalah 12,46%, untuk menghitung Impedansi urutan positif dan negatif maka lebih dulu perlu dihitung besar impedansi pada 100% nya, yaitu :

$$X_t(100\%) = \frac{kV^2}{MVA}$$
$$X_t(100\%) = \frac{20^2}{60} = 6,667 \Omega$$

Maka untuk menghitung Impedansi urutan positif dan negatif ( $X_{t1} = X_{t2}$ ) yaitu :

$$X_{t1} = X_{t2} = \% \text{ yang diketahui} \times X_t (100\%)$$

$$X_{t1} = X_{t2} = 12,46 \% \times 6,667 = \mathbf{0,83 \Omega}$$

Karena Trafo 2 pada GI mempunyai belitan delta dengan kapasitas belitan sepertiga dari kapasitas primer maka untuk menghitung impedansi urutan nol yaitu :

$$X_{t0} = 3 \times X_{t1}$$

$$X_{t0} = 3 \times 0,83 = \mathbf{2,49 \Omega}$$

### 3. Menghitung Impedansi penyulang

Diketahui bahwa panjang penyulang unhas 6,3 Km dengan Impedansi urutan Positif  $0,19 + j0,33 \Omega/Km$  dan Impedansi urutan Nol  $0,344 + j1,618 \Omega/Km$  dengan demikian untuk menghitung impedansi penyulang dengan lokasi gangguan dengan jarak 0%,25%,50%,75% dan 100% yaitu :

#### Impedansi Urutan Positif dan Negatif

$$Z_1 = Z_2 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z_1 \text{ per km } (\Omega)$$

**Tabel 4.1** Perhitungan Impedansi Uutan Positif dan Negatif

% Panjang penyulang	Rumus	Hasil
0	$0 \times 6,3 \times (0,19 + j0,33)$	$0 \Omega$
25	$0,25 \times 6,3 \times (0,19 + j0,33)$	$0,29 + j0,5 \Omega$
50	$0,50 \times 6,3 \times (0,19 + j0,33)$	$0,598 + j1,039 \Omega$
75	$0,75 \times 6,3 \times (0,19 + j0,33)$	$0,897 + j1,559 \Omega$
100	$1 \times 6,3 \times (0,19 + j0,33)$	$1,197 + j2,079 \Omega$

#### Impedansi Urutan Nol

$$Z_0 = \% \text{ panjang} \times \text{panjang penyulang (km)} \times Z_0 \text{ per km } (\Omega)$$

**Tabel 4.2** perhitungan Impedansi Penyulang urutan Nol

% Panjang penyulang	Rumus	Hasil
0	$0 \times 6,3 \times (0,344 + j1,618)$	$0 \Omega$
25	$0,25 \times 6,3 \times (0,344 + j1,618)$	$0,541 + j2,548 \Omega$
50	$0,50 \times 6,3 \times (0,344 + j1,618)$	$1,083 + j5,096 \Omega$
75	$0,75 \times 6,3 \times (0,344 + j1,618)$	$1,625 + j7,644 \Omega$
100	$1 \times 6,3 \times (0,344 + j1,618)$	$2,167 + j10,193 \Omega$

#### 4. Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan

Untuk menghitung Impedansi ekuivalen urutan positif maka dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_{s1} + Z_{t1} + Z_1(\text{penyulang})$$

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = j0,174 + j0,83 + Z_1(\text{penyulang})$$

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = j1 + Z_1(\text{penyulang})$$

Maka untuk menghitung Impedansi ekuivalen berdasarkan jarak lokasi gangguan yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.3** Impedansi Ekuivalen Jaringan Urutan Positif

% Panjang penyulang	Rumus	Hasil
0	$j1 + 0 \Omega$	$0 + j1 \Omega$
25	$j1 + 0,29 + j0,5 \Omega$	$0,29 + j1,5 \Omega$
50	$j1 + 0,598 + j1,039 \Omega$	$0,598 + j2,039 \Omega$
75	$j1 + 0,897 + j1,559 \Omega$	$0,897 + j2,559 \Omega$
100	$j1 + 1,197 + j2,079 \Omega$	$1,197 + j3,079 \Omega$

Untuk menghitung Impedansi ekuivalen urutan Nol maka dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3RN + Z_0(\text{penyulang})$$

$$Z_{0eq} = j2,49 + 3 \cdot 40 + Z_0(\text{penyulang})$$

$$Z_{0eq} = 120 + j2,49 + Z_0 \text{ (penyulang)}$$

Maka untuk menghitung Impedansi ekivalen urutan Nol dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Impedansi Ekivalen Jaringan Urutan Nol

% Panjang penyulang	Rumus	Hasil
0	$120 + j2,49 + 0$	$120 + j2,49 \ \Omega$
25	$120 + j2,49 + 0,541 + j2,548$	$120,541 + j5,038 \ \Omega$
50	$120 + j2,49 + 1,083 + j5,096$	$121,083 + j7,58 \ \Omega$
75	$120 + j2,49 + 1,625 + j7,644$	$121,625 + j10,134 \ \Omega$
100	$120 + j2,49 + 2,167 + j10,193$	$122,167 + j12,683 \ \Omega$

## 5. Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat

### Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V_{F-N}}{Z_{1eq}}$$

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq}}$$

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{11547,005}{Z_{1eq}}$$

Maka untuk menentukn besar arus hubung singkat pada jarak gangguan tertentu adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Arus Hubung Singkat 3 fasa

% Panjang penyulang	Rumus	Hasil
0	$\frac{11547}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{\sqrt{0^2+1^2}}$	11547 A
25	$\frac{11547}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{\sqrt{0,29^2+1,5^2}}$	7558 A

50	$\frac{11547}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{\sqrt{0,589^2+2,039^2}}$	5434 A
75	$\frac{11547}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{\sqrt{0,897^2+3,079^2}}$	4258 A
100	$\frac{11547,005}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{\sqrt{1,197^2+3,079^2}}$	3594 A

### Perhitungan Arus Hubung Singkat 2 Fasa

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{V_{F-F}}{Z_{1eq}+Z_{2eq}}$$

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{20000}{2 \times Z_{1eq}}$$

**Tabel 4.6** Arus Hubung Singkat 2 fasa

% Panjang penyulang	Rumus	Hasil
0	$\frac{20000}{2 \times (0+j1)} = \frac{20000}{\sqrt{0^2+2^2}} = \frac{20000}{2}$	10000 A
25	$\frac{20000}{2 \times (0,29+j1,5)} = \frac{20000}{\sqrt{0,58^2+3^2}} = \frac{20000}{3,05}$	6557 A
50	$\frac{20000}{2 \times (0,598+j2,039)} = \frac{20000}{\sqrt{1,196^2+4,078^2}} = \frac{20000}{4,25}$	4705 A
75	$\frac{20000}{2 \times (0,897+j2,559)} = \frac{20000}{\sqrt{1,794^2+5,118^2}} = \frac{20000}{5,423}$	3688 A
100	$\frac{20000}{2 \times (1,197+j3,079)} = \frac{20000}{\sqrt{2,394^2+6,158^2}} = \frac{20000}{6,607}$	3027 A

### Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}} = \frac{3 \times V_{F-N}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}}$$

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}} = \frac{3 \times 20000 / \sqrt{3}}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}}$$

$$I_{1 \text{ fasa-tanah}} = \frac{34641,016}{2 \times Z_{1eq} + Z_{0eq}}$$

**Tabel 4.7** Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

% Panjang penyulang	Rumus	Hasil
0	$\frac{34641,016}{2 \times (0+j1) + (120+j2,49)}$	288,47 A
25	$\frac{34641,016}{2 \times (0,29+j1,5) + (120,541+j5,038)}$	285,37 A
50	$\frac{34641,016}{2 \times (0,598+j2,039) + (121,083+j7,586)}$	282,05 A
75	$\frac{34641,016}{2 \times (0,897+j2,559) + (121,625+j10,134)}$	278,55 A
100	$\frac{34641,016}{2 \times (1,197+j3,079) + (122,167+j12,683)}$	274,97 A

## B. Setelan Relay Arus Lebih Dan Gangguan Tanah

Dketahui pada penyulang Unhas trafo arus yang digunakan mempunyai rasio CT yang 600/5, dan arus beban maksimum pada penyulang sebesar 386,45 A dengan menggunakan kurva Norman Invers.

### 1. Setelan Relay Arus Lebih Sisi Penyulang

Relay Invers di set sebsar 1,05 x arus beban maksimal penyulang. Persyaratan lainnya yaitu penyetelan waktu minimum tidak lebih kecil dari 0,3 s

$$I_{set} (primer) = 1,05 \times I_n$$

$$I_{set} (primer) = 1,05 \times 386,45$$

$$I_{set} (primer) = 405,77 \text{ A}$$

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

$$I_{set} (sekunder) = 405,77 \times \frac{5}{600}$$



$$I_{set} (\text{sekunder}) = 3,38 \text{ A}$$

**Setelan TMS (Time Multiple Setting)**

$$t = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{11547}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,1$$

## 2. Setelan Relay Arus Lebih Sisi Incoming

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

$$I_{set} (\text{primer}) = 1,05 \times 1732,05$$

$$I_{set} (\text{primer}) = 1818,65 \text{ A}$$

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

$$I_{set} (\text{sekunder}) = 1818,65 \times \frac{5}{2000}$$

$$I_{set} (\text{sekunder}) = 4,5 \text{ A}$$

**Setelan TMS (Time Multiple Setting)**

$$t = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,7 = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{11547}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,13$$

### 3. Setelan Relay Gangguan Tanah Sisi Penyulang

Untuk relay gangguan tanah di setting sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu 10% dikali dengan arus gangguan tanah terkecil dari penyulang tersebut.

$$I_{set} (primer) = 10\% \times I_{hs} \text{ 100\% panjang penyulang}$$

$$I_{set} (primer) = 10\% \times 274,97$$

$$I_{set} (primer) = 27,4 \text{ A}$$

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

$$I_{set} (sekunder) = 27,4 \times \frac{5}{600}$$

$$I_{set} (sekunder) = 0,22 \text{ A}$$

#### Setelan TMS (Time Multiple Setting)

Arus yang digunakan untuk menentukan besar setting TMS pada relay GFR sisi incoming yaitu arus gangguan satu fasa ke tanah di 0% panjang penyulang. Waktu kerja incoming didapat dengan waktu kerja sisi hilir 0,3 detik.

$$t = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{288,47}{27,4}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,1$$

#### 4. Setelan Relay Gangguan Tanah Sisi Incoming

Setelan Arus relay sisi incoming harus lebih sensitif di bandingkan sisi penyulang yang berfungsi sebagai backup apa bila relay sisi penyulang gagal melakukan proteksi.

$$I_{set} (primer) = 8\% \times I_{hs} \text{ 100\% panjang penyulang}$$

$$I_{set} (primer) = 8\% \times 274,97$$

$$I_{set} (primer) = 22 \text{ A}$$

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

$$I_{set} (sekunder) = 22 \times \frac{5}{2000}$$

$$I_{set} (sekunder) = 0,055 \text{ A}$$

#### Setelan TMS (Time Multiple Setting)

Arus yang digunakan untuk menentukan besar setting TMS pada relay GFR sisi incoming yaitu arus gangguan satu fasa ke tanah di 0% panjang penyulang. Waktu kerja incoming didapat dengan waktu kerja sisi hilir + 0,4 detik.

$$t = 0,3 + 0,4 = 0,7 \text{ detik}$$

$$t = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,7 = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{288,47}{22}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 0,26$$

### C. Pemeriksaan Waktu Kerja Relay

Pemeriksaan waktu kerja relay ini diperlukan untuk memeriksa waktu kerja relay pada tiap titik gangguan yang di asumsikan gangguan terjadi pada beberapa titik yaitu pada 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dari panjang penyulang.

#### 1. Gangguan 3 fasa

Untuk lokasi gangguan 0% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang	Incoming
$t = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \cdot TMS}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$
$t = \frac{0,14 \cdot 0,15}{\left(\frac{11547}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \cdot 0,19}{\left(\frac{11547}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$
$t = 0,2 \text{ s}$	$t = 0,48 \text{ s}$

Untuk lokasi gangguan 25% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang	Incoming
$t = \frac{0,14 \cdot 0,15}{\left(\frac{7558}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \cdot 0,19}{\left(\frac{7558}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$
$t = 0,23 \text{ s}$	$t = 0,62 \text{ s}$

Untuk lokasi gangguan 50% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang	Incoming
$t = \frac{0,14 \cdot 0,15}{\left(\frac{5434}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \cdot 0,19}{\left(\frac{5434}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$
$t = 0,26 \text{ s}$	$t = 0,8 \text{ s}$

Untuk lokasi gangguan 75% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,15}{\left(\frac{4258}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,29 \text{ s}$$

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,19}{\left(\frac{4258}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

Untuk lokasi gangguan 100% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,15}{\left(\frac{3495}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,3 \text{ s}$$

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,19}{\left(\frac{3495}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 1,3 \text{ s}$$

## 2. Gangguan 2 fasa

Untuk lokasi gangguan 0% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{10000}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,21 \text{ s}$$

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,13}{\left(\frac{10000}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,52 \text{ s}$$

Untuk lokasi gangguan 25% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{6557}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,24 \text{ s}$$

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,13}{\left(\frac{6557}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,7 \text{ s}$$

Untuk lokasi gangguan 50% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{4705}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$$

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,13}{\left(\frac{4705}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,29 \text{ s}$$

$$t = 0,9 \text{ s}$$

Untuk lokasi gangguan 75% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{3688}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,13}{\left(\frac{3688}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,31 \text{ s}$$

$$t = 1,27 \text{ s}$$

Untuk lokasi gangguan 100% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{3027}{405,77}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,13}{\left(\frac{3027}{1818,65}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,34 \text{ s}$$

$$t = 1,7 \text{ s}$$

### 3. Gangguan 1 fasa ke tanah

Untuk lokasi gangguan 0% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{288,47}{27,4}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,26}{\left(\frac{288,47}{22}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,29 \text{ s}$$

$$t = 0,689 \text{ s}$$

Untuk lokasi gangguan 25% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang

Incoming

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{285,37}{27,4}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = \frac{0,14 \cdot 0,26}{\left(\frac{285,37}{22}\right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,292 \text{ s}$$

$$t = 0,692 \text{ s}$$

Untuk lokasi gangguan 50% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang	Incoming
$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{282,05}{27,4}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \cdot 0,26}{\left(\frac{282,05}{22}\right)^{0,02} - 1}$
$t = 0,293 \text{ s}$	$t = 0,695 \text{ s}$

Untuk lokasi gangguan 75% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang	Incoming
$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{278,55}{27,4}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \cdot 0,26}{\left(\frac{278,55}{22}\right)^{0,02} - 1}$
$t = 0,295$	$t = 0,698 \text{ s}$

Untuk lokasi gangguan 100% panjang saluran waktu kerja relay adalah:

Penyulang	Incoming
$t = \frac{0,14 \cdot 0,1}{\left(\frac{274,97}{27,4}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \cdot 0,26}{\left(\frac{274,97}{22}\right)^{0,02} - 1}$
$t = 0,296 \text{ s}$	$t = 0,7 \text{ s}$

Dari hasil pemeriksaan waktu yang telah dilakukan diketahui bahwa semakin jauh jarak atau lokasi gangguan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan relay untuk bekerja dan semakin besar Arus gangguan yang terjadi maka akan semakin cepat waktu relay bekerja. Karakteristik tersebut merupakan relay dengan karakteristik *Invers Time Delay* semakin besar arus hubung singkat pada penyulang maka akan semakin cepat waktu kerja relay dan semakin kecil arus gangguan maka semakin lama waktu kerja relay (Arus berbanding terbalik dengan waktu). Dari pemeriksaan waktu yang telah dilakukan juga diketahui bahwa waktu kerja relay incoming lebih lama di bandingkan relay outgoing/penyulang, jadi relay incoming bekerja sebagai *backup* proteksi dan relay penyulang sebagai *main proteksi*. Perbedaan waktu tersebut berfungsi untuk

memberikan waktu kerja lebih dulu kepada relay penyulang sebagai *main proteksi*.

#### D. Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Data Dilapangan

**Tabel 4.8** Perbandingan hasil perhitungan dengan data di lapangan

Nama relay	Data hasil perhitungan	Data terpasang di lapangan
OCR penyulang	TMS = 0,1	TMS = 0,1
	Rasio CT = 600/5	Rasio CT = 600/5
	T = 0,2 s	T = 0,19 s
OCR Incoming	TMS = 0,13	TMS = 0,22
	Rasio CT = 2000/5	Rasio CT = 2000/5
	T = 0,48 s	T = 0,76 s
GFR Penyulang	TMS = 0,1	TMS = 0,1
	Rasio CT = 600/5	Rasio CT = 600/5
	T = 0,29 s	T = 0,3 s
GFR Incoming	TMS = 0,26	TMS = 0,18
	Rasio CT = 2000/5	Rasio CT = 2000/5
	T = 0,689 s	T = 0,54 s

Berdasarkan **tabel 4.8** terlihat bahwa hasil perhitungan dengan data yang ada masih dalam kondisi yang cukup baik karena tidak terlalu jauh perbedaannya antara data hasil perhitungan dengan data dilapangan. Karena perbedaan dalam tap tap settingannya maka hasilnya tidak sama persis dengan data di lapangan.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Dari penelitian dan perhitungan yang dilakukan disimpulkan bahwa :

1. Karakteristik kurva yang digunakan adalah kurva *standar Invers* (SI) dengan tujuan mendapatkan koordinasi *relay* yang baik. Dalam perhitungan yang dilakukan diketahui bahwa *relay* penyulang (*Outgoing*) lebih cepat bekerja dari *relay Incoming*. Hal ini menyatakan bahwa *relay OCR/GFR* pada penyulang bekerja sebagai *main proteksi* dan *OCR/GFR* pada *incoming* sebagai *backup proteksi*.
2. Dari perhitungan yang dilakukan diperoleh *setting relay OCR* pada penyulang 405,77 A (Primer) / 3,38 A (Sekunder) dan TMS 0,1. Nilai *setting GFR* penyulang 27,5 A (Primer) / 0,23 A (Sekunder) dan TMS 0,1. Nilai *setting OCR incoming* 1818,65 A (Primer) / 4,5 A (Sekunder) dan TMS 0,13. Nilai *setting GFR incoming* 22 A (Primer) / 0,05 A (Sekunder) dan TMS 0,26.

#### B. Saran

Perlunya dilakukan pengecekan rutin dan evaluasi terhadap setting pada penyulang lainnya. Penelitian ini masih berupa teori yang belum seluruhnya sempurna karena tidak diketahuinya bagaimana kondisi di lapangan, untuk itu perlu kajian lebih dalam sebelum mengaplikasikannya.

## DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar A & S. Kuwahara.2004.*Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid III*.PT. Pradnya Paramita.Jakarta.

Digital Repository unilap. "Bab IP". 25 Desember 2018.  
[digilib.unila.ac.id/6087/17/bab%20iii.pdf.html](http://digilib.unila.ac.id/6087/17/bab%20iii.pdf.html)

Dermawan Erwin & Dimas Nugroho. Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka. *Jurnal Elektum Vol. 14 No. 2 ISSN : 1979-5564 e-ISSN : 2550-0678*.

Elok Setiawati Novie, Margo Pujiantara & Sjamsjul Anam. 2016. Koordinasi Proteksi Directional Overcurrent Relay dengan Mempertimbangkan Gangguan Arah Arus di Pabrik PT. Petrokimia Gresik. *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5 No. 2 (2016) ISSN: 2337-3539*, Hlm 438.

Jamaluddin Rizal, Surya Abdurrahman Putrawan & M. Zainuddin Al Farisi .2018.*Pengaturan konfigurasi dan pengujian relay ocr/gfr pada penyulang 20 kv gi sungguminasa di pt. Pln (persero) unit transmisi dan gardu induk panakkukang*, Laporan KKP tidak diterbitkan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Makassar.

Samaulah,Hazairin.2004.*Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Unsri, Palembang.

Triyono Yoyok, Ontoseno Penangsang & Sjamsjul Anam. 2013.Analisis Studi Rele Pengaman (Over Current Relay Dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539*, Hlm 159-160.

# LAMPIRAN





**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Nomor : 520/05/A.5-VI/IV/40/2019

Makassar, 21 Sya'ban 1440 H

Lamp. : -

26 April 2019 M

Hal : Permintaan Data Dalam Penyelesaian Tugas Akhir

Kepada yang Terhormat,  
Manager PT. PLN (Persero) ULTG Tello

Di -  
Tempat

*Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Dengan Rahmat Allah SWT, Sehubungan dengan rencana penelitian tugas akhir, mahasiswa Universitas Muhammadiyah Makassar tersebut di bawah ini :

Nama : 1. Erwin Cahyo Djoernarso (105 82 1589 15)  
2. Muhammad Arwan (105 82 1534 15)

Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro

Judul Tugas Akhir : Analisis Koordinasi Relay OCR/GFR pada Penyulang 20 KV GI 150 KV

Untuk Keperluan diatas, kiranya dapat diberikan izin untuk Pengambilan Data selama 1 (Minggu) guna keperluan penelitian. Dengan Data Sebagai Berikut:

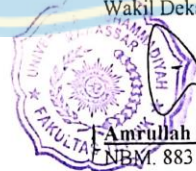
1. Data Setting Relay OCR/GFR Penyulang 20 KV Gardu Induk 150 KV

Data di atas diperlukan dalam rangka penyelesaian Tugas Akhir pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.

Demikian permohonan kami atas perhatian dan kerjasama Bapak di haturkan banyak terima kasih.

*Jazakumullah Khaeran Katsiran*  
*Wassalamu 'Alaikum warahmatullah Wabarakatuh*

Wakil Dekan I,



Amrullah Mansida, S.T, M.T.  
NBM. 883 584

*Tembusan: Kepada Yang Terhormat,*

1. Rektor Unismuh Makassar
2. Ketua Jurusan elektro
3. Arsip : C /Dokumen/taata usaha/mahasiswa/pengantar



PT PLN (PERSERO) UNIT INDUK PEMBANGKITAN DAN PENYALURAN SULAWESI  
UNIT PELAKSANA TRANSMISI MAKASSAR

**PLN**

Jl. Gunung Latimojong No. 21, Makassar 90156, Sulawesi Selatan  
T (0411) - F (0411) -

W www.pln.co.id

Nomor : 0020 / PEN-02-02 / UPT/2019  
Sifat : Biasa  
Perihal : Izin Penelitian & Pengambilan Data

9 Mei 2019

Kepada Yth,  
Dekan Fakultas Teknik  
Unismuh Makassar  
Di,-  
Tempat

Menunjuk Surat Saudara tanggal 26 April 2019, dengan nomor : 520/05/A.5-VI/IV/40/2019. Perihal Permintaan Data dalam Penyelesaian Tugas Akhir, dengan ini kami sampaikan bahwa :

No	Nama	NIM	Ket
1.	Erwin Cahyo Djoenarso	105 82 1589 15	
2.	Muhammad Arwan	105 82 1534 15	

Dapat kami setuju untuk melaksanakan Penelitian pada ULTG Tello PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Makassar, pada tanggal 09 Mei 2019 s.d 09 Juni 2019.

Perlu kami sampaikan bahwa selama pelaksanaan kegiatan tersebut Mahasiswa harus mematuhi segala peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) UPT Makassar, serta pihak PT PLN tidak menyediakan sarana transportasi maupun sarana lainnya. Untuk itu yang bersangkutan harap melapor ke PT PLN (Persero) UPT Makassar Cq. Supervisor ADM & Umum.

Demikian kami sampaikan, dan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.



Tembusan :  
- Manager ULTG Tello









