

SKRIPSI

**ANALISIS KOORDINASI RELAY OVER CURRENT UNTUK
GANGGUAN BIASA DAN TANAH DI GARDU INDUK
PANAKUKANG**



GUNAWAN

105 8211 098 18

QURRATA' AYYUNIN

105 8211 103 18

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2021

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS KOORDINASI RELAY OVER CURRENT UNTUK
GANGGUAN BIASA DAN TANAH DI GARDU INDUK
PANAKUKANG**

Skripsi

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

GUNAWAN

105 8211 098 18

QURRATA'AYYUNIN

105 8211 103 18

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2021

08/02/2022

1 kg
Smb. Alumnus

P/0023/ELT/2021
GUN
a¹



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, e_mail: elektroft@unismuh.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 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS KOORDINASI RELAY OVER CURRENT UNTUK GANGGUAN BIASA DAN TANAH DI GARDU INDUK PANAKUKANG**

Nama : 1. Gunawan
2. Qurrata' Ayyunin

Stambuk : 1. 105 82 11098 18
2. 105 82 11103 18

Makassar, 21 September 2021

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing,

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc


Adriani, S.T., M.T.

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro




Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202

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, e_mail: elektroft@unismuh.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

kripsi atas nama **Gunawan** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11098 18 dan **Qurrata'ryyunin** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11103 18, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/20201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 21 Agustus 2021.

Panitia Ujian :

Pengawas Umum

Makassar, 14 Shafar 1443 H

21 September 2021 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

Penguji

a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T., M.T

b. Sekretaris : Ridwang, S.Kom., M.T

Anggota : 1. Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T

2. Rahmania, S.T., M.T

3. Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Adriani, S.T., M.T.

Dekan



Dr. Ir. Ni. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM

NPM : 795 108

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat limpahan rahmat, karunia dan hidayahNya-lah sehingga kami diberikan kekuatan untuk menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Koordinator Relay Over Current untuk Gangguan Biasa dan Tanah di Gardu Induk Panakukang”**. Dan tak lupa pula penulis tuturkan shalawat serta salam kepada junjungan kita baginda Muhammad SAW, yang telah memberikan 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 penulis peroleh selama melakukan penelitian, baik data yang di peroleh dari studi literature, hasil percobaan maupun hasil bimbingan dari dosen pembimbing.

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

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag.,IPM. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Adriani, S.T., M.T. Selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Gunawan¹, Qurrata'Ayyunin²

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E_mail : gunawanpek21@gmail.com

²⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E_mail : jajiayu@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan studi kasus di feeder Gardu Induk 20 kV Panakkukang. Data existing menunjukkan kondisi yang sesuai dengan perbedaan yang tidak terlalu jauh, secara keseluruhan setting pada *Over Current Relay (OCR) – Ground Fault Relay (GFR)* yang ada di lapangan dalam kondisi baik. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan. Penggunaan relay arus lebih atau over current relay mempunyai peran yang sangat penting dalam memproteksi system tenaga listrik. Penyetelan waktu minimum dari relay arus lebih di penyulang tidak lebih kecil dari 0.3 detik. Pertimbangan ini diambil agar relay tidak sampai trip lagi in rush current dari transformator distribusi yang memang sudah tersambung di jaringan distribusi sewaktu PMT penyulang tersebut dioperasikan. Waktu kerja relai pada penyulang lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu kerja pada sisi incoming dengan selisih waktu rata-rata sebesar 0.4 detik untuk sisi gangguan satu fasa. Namun untuk sisi gangguan tiga fasa dan dua fasa, waktu kerja relai memiliki selisih waktu 0,4 detik dan berangsur meningkat dengan rata-rata kenaikan 0,1 detik ketika panjang kabel semakin jauh (ditinjau pada jarak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%).

Kata Kunci: Koordinasi, Relay, OCR, GFR, Keandalan Sistem

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah.....	2
E. Manfaat Penelitian.....	2
F. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Sistem Proteksi.....	5
B. Pembagian Daerah Proteksi.....	5
C. Persyaratan Sistem Proteksi.....	7
1. Keterandalan (Reliability).....	7

	2. Selektivitas (Selectivity).....	7
	3. Sensitivitas (Sensitivity).....	8
	4. Kecepatan Kerja.....	8
	5. Ekonomis	8
	D. Relay Proteksi.....	9
	E. Gangguan Hubung Singkat	12
BAB III	METODE PENELITIAN.....	15
	A. Metode Penelitian	15
	B. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	15
	C. Langkah-langkah Penelitian.....	16
	D. Data Penelitian.....	18
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
	A. Pembahasan.....	21
	1. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat.....	22
	2. Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan.....	24
	3. Setelan Relay Arus Lebih Penyulang.....	26
	4. Setelan TMS	27
	5. Setelan Relay Arus Lebih Incoming Setelan Arus.....	27
	6. Setelan TMS Incoming	28
	7. Setelan Relay Gangguan Tanah Penyulang Setelan Arus.....	28
	8. Setelan Relay Gangguan Tanah Incoming Setelan Arus.....	29
	B. Hasil.....	30
BAB V	PENUTUP	34
	A. Kesimpulan.....	34

B. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skema Sistem Proteksi.....	6
Gambar 2.2. Blok Diagram Utama Relay Proteksi.....	11
Gambar 3.1. Diagram Alir (Flow Chart) Penelitian Skripsi	16
Gambar 4.1. Kurva Pemeriksaan Waktu Kerja Relay Untuk Gangguan 3 Fasa...	30
Gambar 4.2. Kurva Pemeriksaan Waktu Kerja Relay Untuk Gangguan 2 Fasa...	31
Gambar 4.3. Kurva Pemeriksaan Waktu Kerja Relay Untuk Gangguan 1 Fasa...	32



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Impedansi Penyulang Urutan Positif & Negative.....	24
Tabel 4.2. Impedansi Penyulang Urutan Nol.....	24
Tabel 4.3. Impedansi Ekuivalen Z_{1eq} (Z_{2eq})	25
Tabel 4.4. Impedansi Ekuivalen Z_{0eq}	25
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat.....	26
Tabel 4.6. Pemeriksaan Waktu Kerja Relay Untuk Gangguan 3 Fasa.....	30
Tabel 4.7. Pemeriksaan Waktu Kerja Relay Untuk Gangguan 2 Fasa.....	31
Tabel 4.8. Pemeriksaan Waktu Kerja Relay Untuk Gangguan Fasa.....	32
Tabel 4.9. Menunjukkan Setting Relay Arus Lebih Hasil Perhitungan Dengan Kondisi....	33



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Surat Izin Penelitian
- Lampiran 2. Balasan Surat Izin Penelitian



DAFTAR SINGKATAN

OCR	-	<i>Over Current Relay</i>
GI	-	Gardu Induk
GFR	-	<i>Ground Fault Relay</i>
PMT	-	Pemutus Tegangan
PLN	-	Perusahaan Listrik Negara
TMS	-	<i>Time Multiplier Setti</i>



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kegagalan pada instalasi sistem tenaga listrik tidak mungkin dapat dihindari untuk mengurangi kerusakan dan memperkecil daerah gangguan maka dibutuhkan sistem proteksi khususnya pada saluran distribusi, gangguan yang mungkin terjadi sebagian besar adalah gangguan hubung singkat, baik hubung singkat tiga fasa, antar fasa atau hubung singkat antara fasa dengan tanah. Salah satu alat yang termasuk sistem proteksi tersebut dinamakan relai.

Relai mendeteksi adanya gangguan dalam sistem tenaga listrik dan memberikan informasi secara otomatis kepada pemutus tenaga agar memisahkan secepat mungkin peralatan listrik yang dilindungi dari ganggaa sebagai langkah utama dalam mengatasi adanya gangguan khususnya pada saluran distribusi biasanya dipakai selain relai jarak yaitu relai arus lebih dan relai gangguan tanah. Dalam fungsinya sebagai sistem proteksi, evaluasi kinerja relai arus lebih atau OCR (*over relay current*) dan relai gangguan tanah atau GFR (*ground fault relay*) tersebut harus dilakukan secara kontinyu. Keandalan sebuah sistem proteksi sangat dituntut demi terjaganya kontinyuitas penyaluran energi listrik. Untuk itu diperlukan koordinasi antar komponen penunjang sistem proteksi.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana koordinasi antara OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*) di feeder gardu induk 20 kV Panakkukang agar terciptanya keandalan sistem dalam penyaluran energi.
2. Analisa yang dilakukan hanya sebatas pada jaringan distribusi sistem radial.

C. Tujuan Penelitian

1. Melakukan analisis koordinasi antara OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*) berdasarkan studi kasus di feeder Gardu Induk 20 kV Panakkukang.
2. Meningkatkan kualitas kerja relai dengan kriteria nilai selektifitas yang tinggi dan meningkatkan performance relai.

D. Batasan Masalah

Dari Agar dapat dicapainya sasaran yang diharapkan, penulis menetapkan batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir. Masalah yang dibahas pada tugas akhir ini adalah tentang koordinasi proteksi *relay over current* dan *ground fault relay* pada gardu induk panakkukang.

E. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi dari

OCR masih andal untuk mengamankan transformator tenaga bila terjadi gangguan yang menimbulkan arus arus lebih.

2. Hasil penelitian ini dapat menambah meningkatkan pengetahuan mengenai jenis-jenis proteksi pada transformator tenaga khususnya relay arus lebih bila terjadi gangguan yang dapat menimbulkan arus lebih
3. Hasil penelitian ini dapat di gunakan untuk bahan acuan penelitian lain yang relevan.

F. Sistematika Penulisan

Untuk sistematika penulisan ini di sampaikan beberapa rumusan bab antara lain :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas penjelasan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, mamfaat penelitian yang dilakukan serta pembahasan mengenai sistematika penulisan dari penelitian yang dilakukan. **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas penjelasan tentang teori-teori pendukung yang penulis gunakan sebagai dasar pemikiran dan memiliki kaitan dengan judul penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai metodologi yang digunakan untuk penelitian dan proses pengambilan data.

BAB IV : HASIL PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai Analisa hasil dari pengumpulan data serta pengamatan objek saat bekerja.

BAB V : PENUTUP

Bab ini menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang disampaikan penulis berdasarkan Analisa pembahasan pada penelitian serta dari penulisan untuk referensi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Proteksi

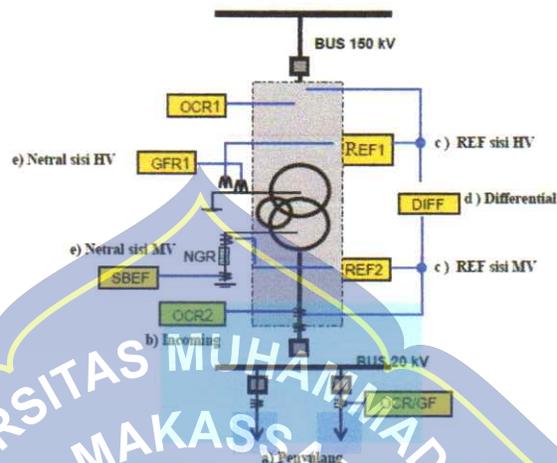
Sistem proteksi mengurangi akibat gangguan dengan memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan bagian sistem yang lain agar bagian sistem yang lain itu dapat terus bekerja. Sistem proteksi berfungsi untuk:

- a. Mendeteksi gangguan.
- b. Melindungi dan mengamankan manusia dari bahaya yang timbul karena adanya arus listrik.
- c. Melindungi semua peralatan sistem dan mengamankan secepat mungkin dari gangguan yang terjadi.
- d. Dengan koordinasi pemutus beban (*circuit breaker*) mencegah meluasnya gangguan, mengisolir, memadamkan dan memulihkan kembali sistem setelah gangguan berakhir atau berhenti.
- e. Menjaga kontinuitas dan stabilitas daya.

B. Pembagian Daerah Proteksi

Suatu sistem tenaga listrik dibagi ke dalam seksi-seksi yang dibatasi oleh PMT. Tiap seksi memiliki relai pengaman dan memiliki daerah pengamanan (*Zone of Protection*). Bila terjadi gangguan, maka relai bekerja mendeteksi gangguan dan PMT trip.

Gambar berikut ini dapat menjelaskan tentang konsep pembagian daerah proteksi.



Gambar 2.1 Skema Sistem Proteksi

Suatu Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa daerah proteksi pada sistem tenaga listrik dibuat bertingkat dimulai dari pembangkit, gardu induk, saluran distribusi primer sampai ke beban. Garis putus-putus menunjukkan pembagian sistem tenaga listrik ke dalam beberapa daerah proteksi. Masing-masing daerah memiliki satu atau beberapa komponen sistem daya disamping dua buah pemutus rangkaian. Setiap pemutus dimasukkan ke dalam dua daerah proteksi berdekatan. Batas setiap daerah menunjukkan bagian sistem yang bertanggung jawab untuk memisahkan gangguan yang terjadi di daerah tersebut dengan sistem lainnya. Aspek penting lain yang harus diperhatikan dalam pembagian daerah proteksi adalah bahwa daerah yang saling berdekatan harus saling

tumpang tindih (*overlap*), hal ini dimaksudkan agar tidak ada sistem yang dibiarkan tanpa perlindungan. Pembagian daerah proteksi ini bertujuan agar daerah yang tidak mengalami gangguan tetap dapat beroperasi dengan baik sehingga dapat mengurangi daerah terjadinya pemadaman.

C. Persyaratan Sistem Proteksi

1. Keterandalan (Reliability)

Pada kondisi normal relay tidak bekerja. Jika terjadi gangguan maka relay tidak boleh gagal bekerja dalam mengatasi gangguan. Kegagalan kerja relay dapat mengakibatkan alat yang diamankan rusak berat atau gangguannya meluas sehingga daerah yang mengalami pemadaman semakin luas. Relay tidak boleh salah kerja, artinya relay yang seharusnya tidak bekerja, tetapi bekerja. Hal ini menimbulkan pemadaman yang tidak seharusnya dan menyulitkan analisa gangguan yang terjadi. Keandalan relay pengamanan ditentukan dari rancangan, pengerjaan, beban yang digunakan, dan perawatannya.

2. Selektivitas (*Selectivity*)

Selektivitas berarti relay harus mempunyai daya beda (*discrimination*), sehingga mampu dengan tepat memilih bagian yang terkena gangguan. Kemudian relay bertugas mengamankan peralatan. Relay mendeteksi adanya gangguan dan memberikan perintah untuk membuka pemutus tenaga dan memisahkan bagian yang terganggu.

Bagian yang tidak terganggu jangan sampai dilepas dan masih Jika terjadi pemutusan hanya terbatas pada daerah yang terganggu.

3. Sensitivitas (*Sensitivity*)

Relay harus mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap besaran minimal sebagaimana direncanakan. Relay harus dapat bekerja pada awalnya terjadinya gangguan. Oleh karena itu, gangguan lebih mudah diatasi pada awal kejadian. Hal ini memberi keuntungan dimana kerusakan peralatan yang harus diamankan menjadi kecil. Namun demikian, relay juga harus stabil.

4. Kecepatan Kerja

Relay pengaman harus dapat bekerja dengan cepat. Jika ada gangguan, misalnya isolasi bocor akibat adanya gangguan tegangan lebih terlalu lama sehingga peralatan listrik yang diamankan dapat mengalami kerusakan. Namun demikian, relay tidak boleh bekerja terlalu cepat kurang dari 10 ms. Disamping itu, waktu kerja relay tidak boleh melampaui waktu penyelesaian kritis (*critical clearing time*). Pada sistem yang besar atau luas, kecepatan kerja relay pengaman mutlak diperlukan karena untuk menjaga kestabilan sistem agar tidak terganggu. Hal ini untuk mencegah relay salah kerja karena transient akibat surja petir.

5. Ekonomis

Satu hal yang harus diperhatikan sebagai persyaratan relay pengaman adalah masalah harga atau biaya. Relay tidak diaplikasikan dalam sistem tenaga listrik, jika harganya sangat mahal. Persyaratan

reliabilitas, sensitivitas, selektivitas dan kecepatan kerja relay hendaknya tidak menyebabkan harga relay tersebut menjadi mahal.

D. Relay Proteksi

Relay proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan tenaga listrik dan segera otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem proteksi yang terganggu dan memberikan isyarat berupa lampu atau bel. Relay proteksi dapat merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fase, frekuensi, impedansi dan sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan kemudian mengambilnya keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Fungsi rele proteksi:

- a. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu dapat beroperasi normal.
- b. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu
- c. Mengurangi pengaruhnya gangguan terhadap bagian sistem yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.

- d. Memperkecil bahaya bagi manusia dari fungsinya diatas, adakalanya ada kegagalan dalam pengaman rele proteksi.

Hal-hal yang dapat menimbulkan kegagalan pengaman dapat di kelompokkan sebagai berikut:

- a. Kegagalan pada rele itu sendiri
- b. Kegagalan suplai arus dan/atau tegangan ke rele tegangannya rangkaian suplai ke rele dari trafo terbuka atau terhubung singkat.
- c. Kegagalan sistem suplai arus searah untuk tripping pemutus tenaga.

Hala yang dapat menyebabkannya antara lain baterai lemah karena kurang perawatan, terbukanya atau terhubung singkat rangkaian arus searah.

- d. Kegagalan pemutus tenaga. Kegagalan ini dapat disebabkan karena kumparan trip tidak menerima suplai, kerusakan mekanis ataupun kegagalan pemutusan arus kemampuan dari pemutus tenaganya. Karena ada kemungkinan kegagalan pada sistem pengaman maka arus dapat diatasi yaitu dengan penggunaan pengaman cadangan (*Back Up Protection*).

Dengan demikian pengaman menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi:

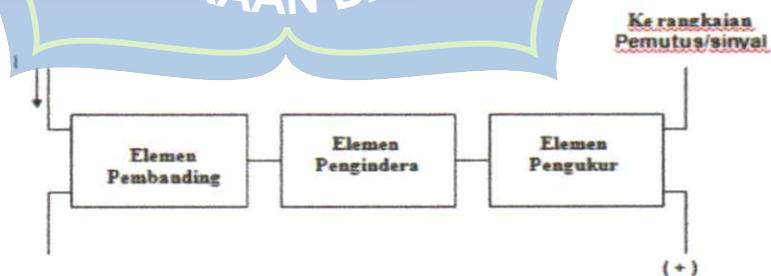
- a. Pengaman utama yang pada umumnya selektif dan cepat dan malah jenis tertentu mempunyai sifat selektif mutlak misalnya rele diferensial
- b. Pengaman cadangan, umumnya mempunyai perlambatan waktu hal

ini untuk memberikan kesempatan kepada pengaman utama bekerja terlebih dahulu, dan jika pengaman utama gagal, baru pengaman cadangan bekerja dan rele ini tidak seselektif pengaman utama

Proteksi terdiri dari seperangkat peralatan yang merupakan sistem yang terdiri dari komponen-komponen berikut:

1. Relay, sebagai alat perasa untuk mendeteksi adanya gangguan yang selanjutnya memberi perintah trip kepada Pemutus Tenaga .
2. Trafo arus dan/atau trafo tegangan sebagai alat yang mentransfer besaran listrik primer dari sistem yang diamankan ke relay besaran listrik sekunder.
3. Pemutus Tenaga untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu.
4. Batere beserta alat pengisi (*batere charger*) sebagai sumber tenaga untuk bekerjanya relay, peralatan bantu tripping.
5. Pengawatan (*wiring*) yang terdiri dari sirskit sekunder arus atau tegangan, sirskit tripping dan sirskit peralatan bantu.

Secara garis besar bagian dari relay proteksi terdiri dari tiga bagian utama, seperti pada blok diagram dibawah ini :



Gambar 2.2 Blok Diagram Utama Relay Proteksi

Masing-masing elemen mempunyai fungsi sebagai berikut:

a. Elemen pengindra

Elemen ini berfungsi untuk merasakan besaran-besaran listrik, seperti arus, tegangan, frekuensi, dan sebagainya tergantung relay yang dipergunakan. Pada bagian ini besaran yang masuk akan dirasakan keadaannya, apakah keadaan yang diproteksi itu mendapatkan gangguan atau dalam keadaan normal, untuk selanjutnya besaran tersebut dikirimkan ke elemen pembanding.

b. Elemen pembanding

Elemen ini berfungsi menerima besaran setelah terlebih dahulu besaran itu diterima oleh elemen oleh elemen pengindra untuk membandingkan besaran listrik pada saat keadaan normal dengan besaran arus kerja relay.

c. Elemen pengukur/penentu

Elemen ini berfungsi untuk mengadakan perubahan secara cepet pada besaran ukurnya dan akan segera memberikan isyarat untuk membuka PMT atau memberikan sinyal.

E. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat dapat juga terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar. Gangguan yang mengakibatkan hubung singkat dapat

menimbulkan arus yang jauh lebih besar dari pada arus normal. Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung dengan lama pada suatu sistem daya, banyak pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan yang terjadi. Berikut ini akibat yang ditimbulkan gangguan hubung singkat:

- a. Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk sistem daya.
- b. Rusaknya perlengkapan yang dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus tak seimbang, atau tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.
- c. Ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya suatu hubung singkat.
- d. Terpecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem pengamanan yang berbeda-beda; kejadian ini di kenal sebagai "cascading".

1. Gangguan hubung singkat 3 fasa

Rumus daya yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat 3 fasa adalah :

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

Sehinga arus hubung singkat 3 fasa dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_{3 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} = \frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq}} = \frac{11547}{Z_{1eq}}$$

2. Gangguan hubung singkat 2 fasa

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung arus gangguan hubung singkat 2 fasa adalah:

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

Sehingga arus gangguan hubung singkat 2 fasa dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{2 \text{ fasa}} &= \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \\ &= \frac{20000}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \end{aligned}$$

3. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Pada gangguan satu fasa ke tanah misal fasa A mengalami gangguan akan menyebabkan kenaikan arus pada fasa A dan drop tegangan di fasa A (menjadi nol) sedangkan arus pada fasa yang lain akan menjadi nol dengan diikuti kenaikan tegangan fasa yang lain (fasa B dan fasa C tidak sama dengan nol sedangkan arus fasa B sama besarnya dengan fasa C Yaitu nol Ampere). Gangguan tidak simetris menyebabkan arus tidak seimbang dalam sistem, sehingga dibutuhkan komponen simetris untuk perhitungannya, sebagai mana uraian di atas sehingga arus gangguan hubung singkat 1 fasa dapat di hitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_{1 \text{ fasa}} &= \frac{3 \cdot V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} = \frac{3 \cdot \frac{20000}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} \\ &= \frac{34641,016}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}} = \frac{34641,016}{2 \cdot Z_{2eq} + Z_{0eq}} \end{aligned}$$

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan untuk penyusunan skripsi adalah:

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian Skripsi ini antara lain adalah :

- a. Studi literatur, yaitu mengkaji teori yang diperlukan dari buku-buku acuan yang menunjang dan berhubungan dengan tema yang diambil, studi literatur pun dilakukan untuk mendapatkan data - data yang diinginkan.
- b. Studi lapangan, mengumpulkan data - data yang diperlukan secara langsung dari tempat objek penelitian tersebut dengan cara menanyakan langsung kepada pegawai yang berkopeten dibidangnya.
- c. Diskusi, yaitu melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen, karyawan PT PLN (Persero) GI Panakkukang yang berkopeten dalam setting koordinasi relay.

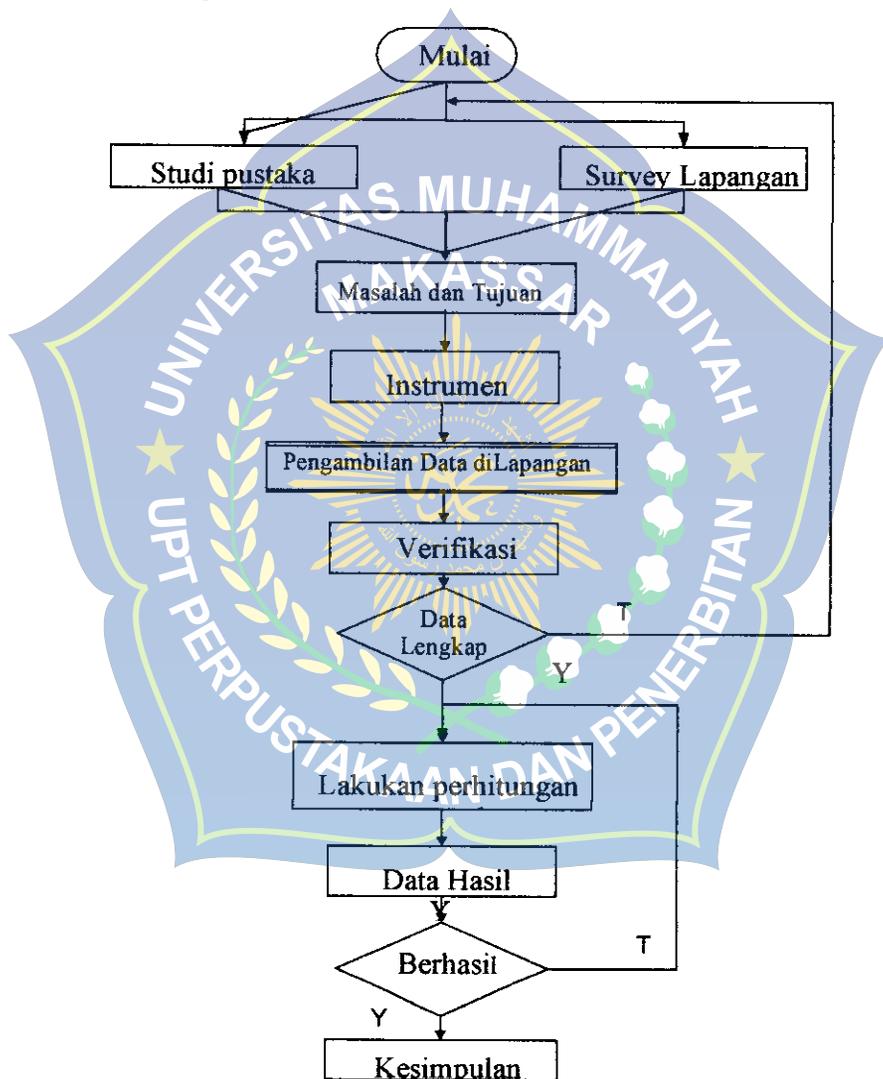
B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian Skripsi ini berlangsung selama 1 (satu) bulan.

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di GI Panakkukang PT.PLN (Persero) yang beralamat di Jl Letjen Hertasning Kota Makassar.

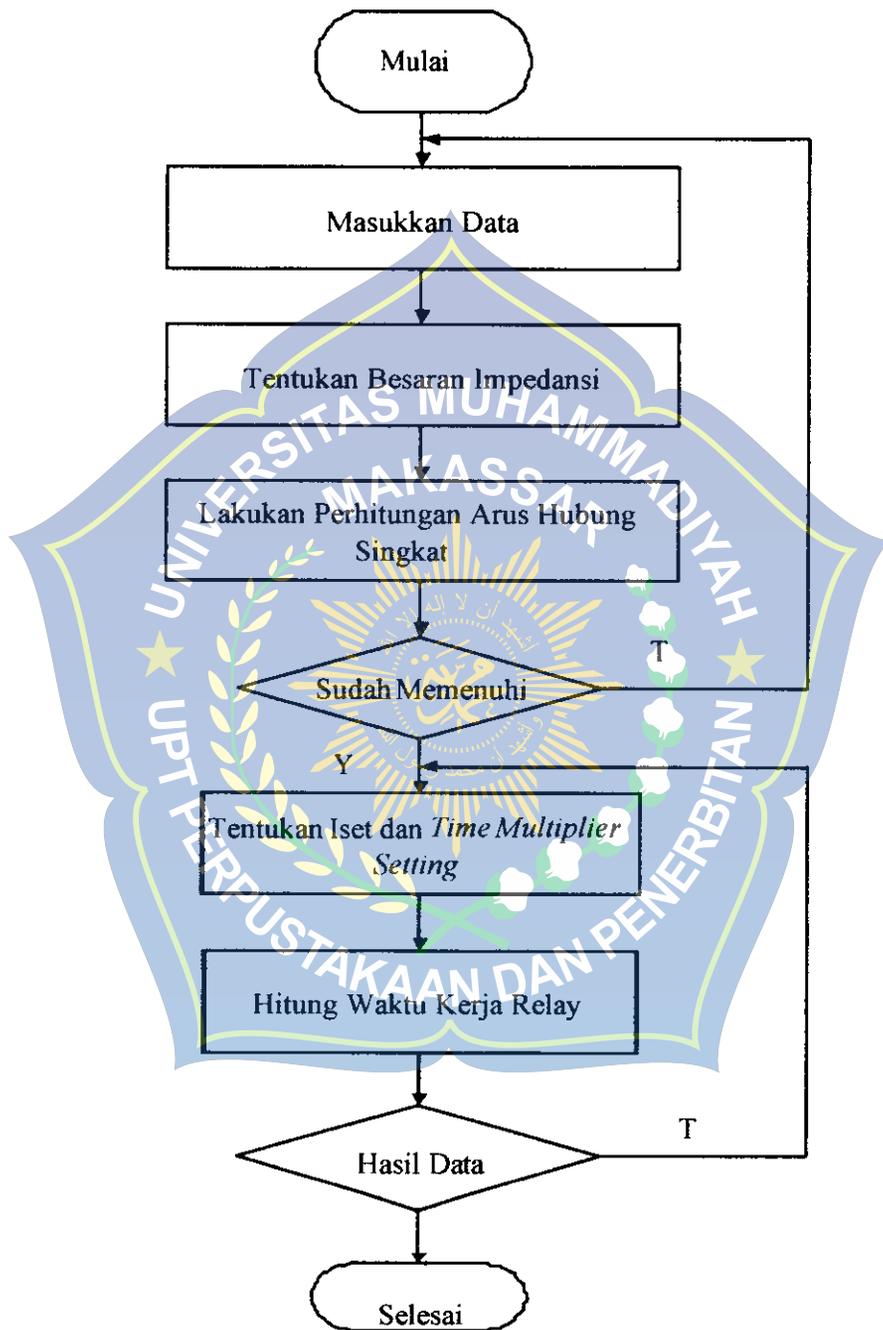
C. Langkah – Langkah Penelitian

Langkah - langkah yang sistematis dalam penelitian harus diperhatikan. Hal tersebut berguna untuk memberikan arahan yang untuk mempermudah pemahaman tujuan yang ingin dicapai dalam proses penelitian. Langkah-langkah penelitian tersebut diperlihatkan pada gambar bagan alir penelitian dibawah ini:



Gambar 3.1 (Flowchart) Penelitian Tugas Akhir

Metode yang digunakan oleh penulis dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini adalah dengan menggunakan metode perhitungan manual, adapun langkah-langkah yang dilakukan dengan metode ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 (Flowchart) Metode Penelitian

D. Data Penelitian

Gardu Induk Panakkukang yang terdapat di Jl Letjen Hertasning Kota Makassar memiliki trafo tenaga yang masing-masing memiliki kapasitas 60 MVA dengan tegangan kerja sebesar 150/20 KV. Maka diperlukan penyetelan relay yang baik agar relay dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik yang lain dari arus hubung singkat maupun beban lebih. Adapun data-data yang diperlukan dari analisis ini adalah sebagai berikut:

1. Trafo Tenaga	
Merk	TRAFINDO
Daya	60 MVA
Tegangan	150/20 KV
Impedansi (Z%)	12.15 %
Teg Primer	150 Kv
Teg Sekunder	20 Kv
Ratio CT Trafo	400/5
Arus nominal	1443.4
Hub.Belitan Trafo	YNyn0(d11)
Ground Resistor	14 Ohm

2.

Data OCR GFR di sisi Incomming

Merk	ISEG
Type	MRI3-15E5D
No Serie	---
Karakteristik	Standar Invers
In	5 Amp
Ratio CT	2000/5

3.

Data GFR sisi Incomming 20 Kv

Merk	ISEG
Type	MRI3-15E5D
No Serie	---
Karakteristik	Standar Invers
In	5 Amp
Ratio CT	2000/5

4.

Data OCR Sisi Penyulang 20KV

Merk	AREVA
Type	MICOM P123
No Serie	36127336
Karakteristik	Standar Invers
In	5 Amp
Rasio CT	400/5

5. **Data GFR Sisi Penyulang 20 Kv**

Merk	AREVA
Type	MICOM P123
No Serie	36127336
Karakteristik	Standar Invers
In	5 Amp
Rasio CT	400/5



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembahasan

Penyulang Di Gardu Induk Panakkukang terdapat jenis trafo tenaga dengan tegangan kerja 150/20 kV, dimana masing-masing trafo berkapasitas 60 MVA. Maka diperlukan penyetelan relai yang baik agar relai dapat memproteksi peralatan-peralatan listrik yang lain dari arus gangguan hubung singkat maupun beban lebih. Adapun data-data yang diperlukan untuk analisis ini adalah sebagai berikut:

NO.	SPESIFIKASI TRAFO	
1.	Merk	TRAFINDO
2.	Daya	50 MVA
3.	Tegangan	150 / 20 KV
4.	Impedansi (Z %)	12, 15%
5.	Tegangan Primer	150 KV
6.	Tegangan Sekunder	20 KV
7.	Rasio CT Trafo	2000/5
8.	Arus Nominal Trafo	1443,4
9.	Hubung Belitan Trafo	YNyn0(d11)
10.	Ground Resistor	14 Ohm

a. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Dari Data Hubung Singkat di bus sisi primer (150kV) di Gardu Induk adalah sebesar 2.586 MVA. Maka impedansi sumber (X_s) adalah :

$$\begin{aligned} X_s (\text{sisi } 150 \text{ kv}) &= \frac{kV^2}{2586} \\ &= \frac{150^2}{2586} \\ &= 8,7 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui Impedansi di sisi sekunder, yaitu di bus sisi 20 kV maka:

$$\begin{aligned} X_s (\text{sisi } 20 \text{ kv}) &= \frac{kV^2}{kV^2} \\ &= \frac{20^2}{150^2} \\ &= 8 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Besarnya reaktansi trafo tenaga satu di Gardu Induk adalah 12,13%, agar dapat mengetahui besarnya nilai reaktansi urutan positif, negatif dan reaktansi urutan nol dalam ohm, maka perlu dihitung dulu besar nilai ohm pada 100 % nya.

Besarnya nilai ohm pada 100 % yaitu :

$$\begin{aligned} X_t (\text{pada } 100\%) &= \frac{kV(\text{sisi bus})^2}{MVA \text{ trafo}} \\ X_t (\text{pada } 100\%) &= \frac{20^2}{50} = 8 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Nilai reaktansi trafo tenaga:

1. Reaktansi urutan positif, negatif ($X_{t1} = X_{t2}$)

$$\begin{aligned} X_t &= (Z \times X_t) \\ &= 12,15\% \times 8 = 0,972 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

2. Reaktansi urutan nol (X_0)

Karena trafo daya yang mensuplai penyulang mempunyai hubungan Y yang tidak mempunyai belitan delta di dalamnya, maka besarnya X_{t0} berkisar antara 9 s.d. 14 . X_{t1} , dalam perhitungan ini diambil nilai X_{t0} lebih kurang 10 . X_{t1} . Jadi

$$\begin{aligned} X_0 &= (X_1 \times X_2) \\ &= 10 \times 0,972 \\ &= 9,72 \text{ ohm.} \end{aligned}$$

★ Dari data yang diperoleh bahwa jenis penghantar yang digunakan pada penyulang hanya menggunakan satu tipe kabel yaitu XLPE 210 mm².

Panjang penyulang = 5,309 km, dengan panjang penghantar XLPE 210 mm²
 $= 5,309 \cdot Z_1 = Z_2 \text{ (XLPE 210)} = (0,118 + j0,095) \Omega / \text{km} \times 5,309 = 0,624 + j0,504 \text{ Ohm.}$
 $Z_0 \text{ (XLPE 210)} = (0,255 + j0,024) \Omega / \text{km} \times 5,309 = 1,354 + j0,127 \text{ Ohm.}$

Dengan demikian nilai impedansi penyulang untuk lokasi gangguan dengan jarak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif

(% Panjang)	Impedansi Penyulang (Z_1 & Z_2)
0	$0\% \cdot (0,624 + j0,504) = 0 \text{ Ohm}$
25	$25\% \cdot (0,624 + j0,504) = 0,156 + j0,126 \text{ Ohm}$
50	$50\% \cdot (0,624 + j0,504) = 0,312 + j0,252 \text{ Ohm}$
75	$75\% \cdot (0,624 + j0,504) = 0,468 + j0,378 \text{ Ohm}$
100	$100\% \cdot (0,624 + j0,504) = 0,624 + j0,504 \text{ Ohm}$

Tabel 4.2 Impedansi Penyulang Urutan Nol

(% Panjang)	Impedansi Penyulang (Z_0)
0	$0\% \cdot (1,354 + j0,127) = 0 \text{ Ohm}$
25	$25\% \cdot (1,354 + j0,127) = 0,339 + j0,032 \text{ Ohm}$
50	$50\% \cdot (1,354 + j0,127) = 0,677 + j0,064 \text{ Ohm}$
75	$75\% \cdot (1,354 + j0,127) = 1,016 + j0,095 \text{ Ohm}$
100	$100\% \cdot (1,354 + j0,127) = 1,354 + j0,127 \text{ Ohm}$

b. Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan

Perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_iS(\text{sisi } 20 \text{ kV}) + Z_{iT} + Z_{1\text{penyulang}}$$

$$= j0,155 + j0,972 + Z_{1\text{ penyulang}}$$

$$= j1,127 + Z_{1\text{ penyulang}}$$

Karena lokasi gangguan diasumsikan terjadi pada 0%,25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang , maka Z_{1eq} (Z_{2eq}) yang didapat adalah:

Tabel 4.3 Impedansi Ekuivalen Z_{1eq} (Z_{2eq})

(% Panjang)	Impedansi Z_{1eq} (Z_{2eq})
0	$0 + j1,127 \text{ Ohm}$
25	$0,156 + j1,253 \text{ Ohm}$
50	$0,312 + j1,379 \text{ Ohm}$
75	$0,468 + j1,505 \text{ Ohm}$
100	$0,624 + j1,631 \text{ Ohm}$

Perhitungan Z_{0eq} :

$$\begin{aligned} Z_{0eq} &= Z_{ot} + 3R_N + Z_{0 \text{ penyulang}} \\ &= j9,72 + 3 \times 14 + Z_{0 \text{ penyulang}} \\ &= j9,72 + 42 + Z_{0 \text{ penyulang}} \end{aligned}$$

Untuk lokasi gangguan di 0%,25%, 50%, 75% dan 100% panjang penyulang, maka perhitungan Z_{0eq} menghasilkan:

Tabel 4.4 Impedansi Ekuivalen Z_{0eq}

(%Panjang)	Impedansi Z_{0eq}
0	$42 + j9,72 \text{ Ohm}$
25	$42,339 + j9,752 \text{ Ohm}$
50	$42,677 + j9,784 \text{ Ohm}$
75	$43,016 + j9,815 \text{ Ohm}$
100	$43,354 + j9,847 \text{ Ohm}$

Impedansi ekuivalen yang telah didapatkan selanjutnya digunakan untuk menghitung arus hubung singkat menggunakan persamaan- persamaan (2), (3), (4). Hasil perhitungan disajikan pada table 4.5. berikut ini.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

(%)	Jarak	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 fasa	2 fasa	1 fasa
0	0	10245,79	8873,11	793,18
25	1,327	9215,51	7980,94	780,6
50	2,655	8373,56	7758,34	768,42
75	3,982	7672,64	6645,39	756,6
100	5,309	7080,1	6132,77	745,15

c. Setelan Relay Arus Lebih Panjang

Untuk setelan relai yang terpasang di penyulang dihitung berdasarkan arus beban maksimum. Untuk relai inverse biasa diset sebesar 1,05 sampai dengan 1,1 x I_{maks} , sedangkan untuk relai definite diset sebesar 1,2 sampai dengan 1,3 x I_{maks} , yaitu untuk penyetelan waktu minimum dari relai arus lebih (terutama di penyulang tidak lebih kecil dari 0,3 detik). Keputusan ini diambil agar relai tidak sampai trip lagi akibat adanya arus inrush dari trafo-trafo distribusi yang sudah tersambung di jaringan distribusi, pada saat PMT penyulang tersebut di masukan.

Setelan Arus

$$I_{\text{beban}} = 381,26 \text{ Ampere,}$$

$$CT = 400/5A$$

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

$$= 1,05 \times 381,26 \text{ Ampere}$$

$$= 400,32 \text{ Ampere}$$

Nilai arus tersebut merupakan nilai setelan pada sisi primer, sedangkan nilai yang akan disetkan pada relai adalah nilai sekundernya. Oleh karena itu

dihitung menggunakan nilai rasio trafo arus yang terpasang pada penyulang.

Besarnya arus pada sisi sekundernya adalah :

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

$$= 400,32 \times 5/400 A$$

$$= 5,004 A$$

$$= 5 A$$

d. Setelan TMS (Time Multiplier Setting)

Arus gangguan yang dipilih untuk menentukan besarnya setting TMS relay OCR sisi penyulang 20 kV transformator tenaga yaitu arus gangguan hubung singkat tiga fasa di 0% panjang penyulang. Waktu kerja paling hilir yang ditetapkan $t = 0,3$ detik.

Keputusan ini diambil agar relai tidak sampai trip lagi akibat adanya arus inrush dari trafo-trafo distribusi yang sudah tersambung di jaringan distribusi, pada saat PMT penyulang tersebut di masukan.

Jadi didapat :

$$t = \frac{0,14 Tms}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$$
$$0,3 = \frac{0,14 Tms}{\left(\frac{10245,79}{400,32}\right)^{0,02} - 1}$$

$$Tms = 0,144$$

e. Setelan Relai Arus Lebih Incoming Setelan Arus

Arus normal trafo pada sisi 20 kV :

$$I_n (\text{sisi 20 kV}) = (kV A)/(kV\sqrt{3})$$

$$= 50000/(20 \sqrt{3}) = 1443,38 A$$

$$\begin{aligned}
 I_{set} \text{ (primer)} &= 1,05 \cdot I_{beban} \\
 &= 1,05 \cdot 1443,38 \text{ A} \\
 &= 1515,55 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Nilai Setelan pada sisi sekunder :

$$\begin{aligned}
 I_{set} \text{ (sekunder)} &= I_{set} \text{ (primer)} \times 1/(\text{Ratio CT}) \text{ A} \\
 &= 1515,55 \times 5/(2000) \text{ A} \\
 &= 3,789 \text{ A} \\
 &= 4 \text{ A}
 \end{aligned}$$

f. Setelan TMS (Time Multiplier Setting) Incoming

$t \text{ incoming} = (0,3+0,4) = 0,7$ detik Jadi didapat :

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

$$0,7 = \frac{0,7 \times \left(\frac{10245,79}{1515,55}\right)^{0,02} - 1}{0,14}$$

$$TMS = 0,194$$

Setting Waktu

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,14 \times 0,194}{\left(\frac{10245,79}{1515,55}\right)^{0,02} - 1} \\
 &= 0,697
 \end{aligned}$$

g. Setelan Relai Gangguan Tanah Penyulang Setelan Arus

Setelan arus gangguan tanah di penyulang diset 10% x arus gangguan tanah terkecil di penyulang tersebut. Hal ini dilakukan untuk menampung tahanan busur.

$$\begin{aligned}
 I_{set} \text{ (primer)} &= 0,1 \times 745 \\
 &= 74,5 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$I_{set} \text{ (sekunder)} = I_{set} \text{ (primer)} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \text{ A} = 74,5 \times \frac{5}{400} \text{ A} = 0,93 \text{ A}$$

Setelan TMS (*Time Multiplier Setting*)

$$\begin{aligned} \text{TMS} &= \frac{t \times \left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}{0,14 \text{ Tms}} \\ &= \frac{0,3 \times \left(\frac{793,18}{74,5}\right)^{0,02} - 1}{0,14 \text{ Tms}} \end{aligned}$$

$$\text{TMS} = 0,104$$

Setting Waktu

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14 \times 0,104}{\left(\frac{793,18}{74,5}\right)^{0,02} - 1} \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

h. Setelan Relai Gangguan Tanah Incoming Setelan Arus

Setelan arus relai gangguan tanah di incoming 20 kV harus lebih sensitif, hal ini berfungsi sebagai cadangan bagi relai di penyulang 20 kV dibuat 8% x arus gangguan tanah terkecil.

$$\begin{aligned} \text{Iset (primer)} &= 0,08 \times 745 \\ &= 59,6 \text{ A} \\ \text{Iset (sekunder)} &= \text{Iset (primer)} \times \frac{1}{\text{Ratio CT}} \text{ A} \\ &= 59,6 \times \frac{5}{2000} \text{ A} \\ &= 0,149 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelan TMS (*Time Multiplier Setting*)

t incoming = (0,3+0,4) = 0,7 detik Jadi didapat :

$$\begin{aligned} \text{TMS} &= \frac{t \times \left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}{0,14 \text{ Tms}} \\ &= \frac{0,7 \times \left(\frac{793,18}{59,6}\right)^{0,02} - 1}{0,14 \text{ Tms}} \end{aligned}$$

$$\text{TMS} = 0,27$$

Setting Waktu

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,14 \times 0,27}{\left(\frac{793,18}{59,6}\right)^{0,02} - 1} \\ &= 0,711 \end{aligned}$$

B. Hasil

Tabel 4.6 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Untuk Gangguan 3 Fasa

Lokasi Gangguan (% Panjang)	Waktu Kerja Relay Incoming (detik)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)	Selisih Waktu (detik)
0%	0,701	0,301	0,4
25%	0,743	0,311	0,432
50%	0,785	0,322	0,463
75%	0,828	0,331	0,497
100%	0,872	0,341	0,531



Gambar 4.1 kurva pemeriksaan waktu kerja relay untuk gangguan 3 fasa

Dari data tabel dan kurva dapat di simpulkan selisih waktu kerja Relay Incoming dan Relay Penyulang, dengan asumsi jarak 0% - 100% menghasilkan selisih waktu antara 0,4 (detik) – 0,531 (detik).

Tabel 4.7 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay Untuk Gangguan 2 Fasa

Lokasi Gangguan (% Panjang)	Waktu Kerja Relay Incoming (detik)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)	Selisih Waktu (detik)
0%	0,759	0,315	0,444
25%	0,808	0,327	0,481
50%	0,822	0,33	0,492
75%	0,91	0,348	0,562
100%	0,963	0,359	0,604



Gambar 4.2 Kurva Pemeriksa Waktu Kerja Relay Untuk Gangguan 2 Fasa

Dari data tabel dan kurva dapat di simpulkan selisih waktu kerja Relay Incoming dan Relay Penyulang, dengan asumsi jarak 0% - 100% menghasilkan selisi waktu antara 0,444 (detik) – 0,604 (detik).

Tabel 4.8 Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Untuk Gangguan 1 Fasa ke Tanah

Lokasi Gangguan (% Panjang)	Waktu Kerja Relay Incoming (detik)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)	Selisih Waktu (detik)
0%	0,711	0,301	0,410
25%	0,716	0,303	0,413
50%	0,721	0,505	0,416
75%	0,725	0,307	0,418
100%	0,729	0,309	0,420



Gambar 4.3 Kurva Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Pada Gangguan 1 Fasa

Dari data tabel dan kurva dapat di simpulkan selisih waktu kerja Relay Incoming dan Relay Penyulang, dengan asumsi jarak 0% - 100% menghasilkan selisi waktu antara 0,410 (detik) – 0,420 (detik).

PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN DENGAN KONDISI EKSISTING

Tabel 4.9 menunjukkan setting relai arus lebih hasil perhitungan dengan kondisi eksisting.

No	Nama Relay	Data hasil Perhitungan	Data yang terpasang di lapangan
1	OCR (sisi incoming)	TMS = 0,194 Rasio CT = 2000/5 A t = 0,697 detik	TMS = 0,16 Rasio CT = 2000/5 A t = 0,7 detik
2	GFR (sisi incoming)	TMS = 0,27 Rasio CT = 2000/5 A t = 0,711 detik	TMS = 0,26 Rasio CT = 2000/5 A t = 0,69 detik
3	OCR (sisi penyulang)	TMS = 0,164 Rasio CT = 400/5 A t = 0,298 detik	TMS = 0,16 Rasio CT = 300/5 A t = 0,30 detik
4	GFR (sisi penyulang)	TMS = 0,104 Rasio CT = 400/5 A t = 0,3 detik	TMS = 0,19 Rasio CT = 2000/5 A t = 0,29 detik

Dari data *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) baik dari sisi incoming dan sisi penyulang data yang terpasang di lapangan tidaklah terpaut jauh dari hasil perhitungan yang dilakukan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguan. Ketika titik jarangan gangguan semakin jauh, maka arus gangguan hubung singkatnya semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Waktu kerja relai pada penyulang lebih cepat jika dibandingkan dengan waktu kerja pada sisi incoming dengan selisih waktu rata-rata sebesar 0,4 detik untuk sisi gangguan satu fasa. Namun untuk sisi gangguan tiga fasa dan dua fasa, waktu kerja relai memiliki selisih waktu 0,4 detik dan berangsur meningkat dengan rata-rata kenaikan 0,1 detik ketika panjang kabel semakin jauh (ditinjau pada jarak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%).
2. Hasil perhitungan dengan data existing di lapangan masih dalam kondisi yang sesuai dengan perbedaan yang tidak terlalu jauh, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan setting pada OCR (*Over Current Relay*) – GFR (*Ground Fault Relay*) yang ada di lapangan dalam kondisi baik. Berdasarkan hasil penulisan dapat disimpulkan bahwa penggunaan relay arus lebih atau over current

relay mempunyai peran yang sangat penting dalam memproteksi system tenaga listrik. Persyaratan yang harus dipenuhi adalah penyetelan waktu minimum dari relay arus lebih terutama dipenyulang tidak lebih kecil dari 0,3 detik. Pertimbangan ini diambil agar relay tidak sampai trip lagi *Inrush Current* dari transformator distribusi yang memang sudah tersambung di jaringan distribusi sewaktu PMT penyulang tersebut dioperasikan.

B. Saran

Bagi masyarakat agar pada saat melakukan penyettingan relay harus betul-betul memahami bagaimana cara perhitungan dan koordinasi relay dan system proteksi lainnya, sehingga tidak terjadi kegagalan operasi pada relay tersebut. Karena akan sangat fatal jika relay mengalami kegagalan operasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Tanyadji, Sony dan Sarma Thaha. 2015. *Sistem Proteksi Tenaga Listrik*, Penerbit Innawa. Makassar
- Stevenson Jr, W. D. 1988. *Analisa Sistem Tenaga*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Bonar, Pandjaitan. 2012. *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit Graha Ilmu. Jakarta
- PT. PLN (Persero), 2014. *Buku O&M Sistem Proteksi Trafo Tenaga*. Penerbit PT. PLN (Persero). Jakarta
- PT. PLN (Persero). 2019. *Kesepakatan Bersama Proteksi 20 kV*. Penerbit PT. PLN (Persero) UIKL Sulawesi. Manado
- Universitas Muhammadiyah Makassar. 2019. *Buku Panduan Laporan KKP (Plus)*. Penerbit Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar
- (PERSERO), J. D. (2000). *Keandalan Sistem Distribusi*. Jakarta: PT. PLN (PERSERO).
- (PERSERO), P. P. (2010). *Buku 1 Kriteria Desain Enjinering Konstruksi*. Jakarta Selatan: PT. PLN (PERSERO).
- 59, S. N. (1985). *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20kV dan 6kV*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- Abdul, K. (2000). *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Tanyadji, Sony dan Sarma Thaha. 2015. *Sistem Proteksi Tenaga Listrik*, Penerbit Innawa. Makassar
- Stevenson Jr, W. D. 1988. *Analisa Sistem Tenaga*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Bonar, Pandjaitan. 2012. *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Penerbit Graha Ilmu. Jakarta
- PT. PLN (Persero), 2014. *Buku O&M Sistem Proteksi Trafo Tenaga*. Penerbit PT. PLN (Persero). Jakarta
- PT. PLN (Persero). 2019. *Kesepakatan Bersama Proteksi 20 kV*. Penerbit PT. PLN (Persero) UIKL Sulawesi. Manado
- Universitas Muhammadiyah Makassar. 2019. *Buku Panduan Laporan KKP (Plus)*. Penerbit Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar
- (PERSERO), J. D. (2000). *Keandalan Sistem Distribusi*. Jakarta: PT. PLN (PERSERO).
- (PERSERO), P. P. (2010). *Buku 1 Kriteria Desain Enjinering Konstruksi*. Jakarta Selatan: PT. PLN (PERSERO).
- 59, S. N. (1985). *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20kV dan 6kV*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- Abdul, K. (2000). *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia.