

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA GROUND FAULT RELAY PENYULANG FEEDER
4 SUNGAYANG DAN GARDU HUBUNG KOTA PADA KONDISI
PARALEL JARINGAN DARI TRAFU DAYA BERBEDA DI GARDU
INDUK BATUSANGKAR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro



Oleh

HUSNIL FATHORIK
181000220201031

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2023**

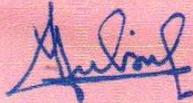
HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI KINERJA GROUND FAULT RELAY PENYULANG FEEDER
4 SUNGAYANG DAN GARDU HUBUNG KOTA PADA KONDISI
PARALEL JARINGAN DARI TRAFU DAYA BERBEDA DI GARDU
INDUK BATUSANGKAR

Oleh

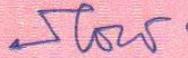
HUSNIL FATHORIK
181000220201031

Dosen Pembimbing 1



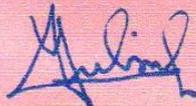
Ir. Yulisman, M.T.
NIDN.8808220016

Dosen Pembimbing 2



Herris Yamashika, S.T., M.T.
NIDN.1024038202

Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Ir. Yulisman, M.T.
NIDN.8808220016

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat

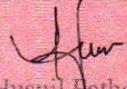


Masril, S.T., M.T.
NIDN. 1005057407

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi tim penguji pada ujian tertutup pada tanggal 28 Februari 2023 di Fakultas Teknik Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 28 Februari 2023


Husni Pathorik
181006220201031

Disetujui tim penguji skripsi tanggal.....

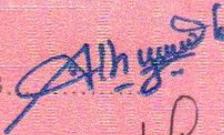
1. Ir.Yulisman, M.T.



2. Herris Yamashika, S.T.,M.F.

2. 

3. Mahyessie Kamil, S.T., M.T

3. 

4. Anggrivina Dwiharzandis, S.Pd.,M.T.

4. 

Mengetahui
Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Ir. Yulisman, M.T
NIDN. 8808220016

LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Husnil Fathorik

Tempat dan Tanggal Lahir : Supanjang / 28 Desember 1995

Nim : 181000220201031

Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Ground Fault Relay Penyulang Feeder 4 Sungayang dan Gardu Hubung Kota pada Kondisi Paralel Trafo Daya berbeda di Gardu Induk Batusangkar.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan pihak manapun.

Bukittinggi, 28 Februari 2023

Yang Membuat Pernyataan



Husnil Fathorik
181000220201031

ABSTRAK

Intisari - Gangguan hubung singkat menyebabkan terjadinya arus lebih yang besar dan dapat menyebabkan gangguan pada kinerja peralatan seperti trafo distribusi dan menyebabkan gangguan yang terjadi semakin meluas. Dalam mengatasi hal atau gangguan tersebut dibutuhkan system proteksi pada system distribusi. Melihat hal tersebut perlu adanya suatu koordinasi antara komponen penunjang system proteksi tersebut yang terdiri dari *Over Current Relay* (OCR), dan *Ground Fault Relay* (GFR). Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar, INDONESIA pada Recloser di saluran Penyulang Feeder 4 Sungayang. Setting *Ground Fault Relay* antara relay penyulang 4 sungayang, Recloser Jorong 2, LBSM Simpuruik masih kurang selektif, dengan nilai waktu koordinasi antar pengaman rata-rata masih kurang dari 0,2 detik. Maka setting *Ground Fault Relay* relay penyulang Feeder 4 Sungayang, Recloser Jorong 2, LBSM Simpuruik direkomendasikan untuk dilakukan perbaikan jaringan agar dapat meminimalisir gangguan dan system distribusi tenaga listrik menjadi handal.

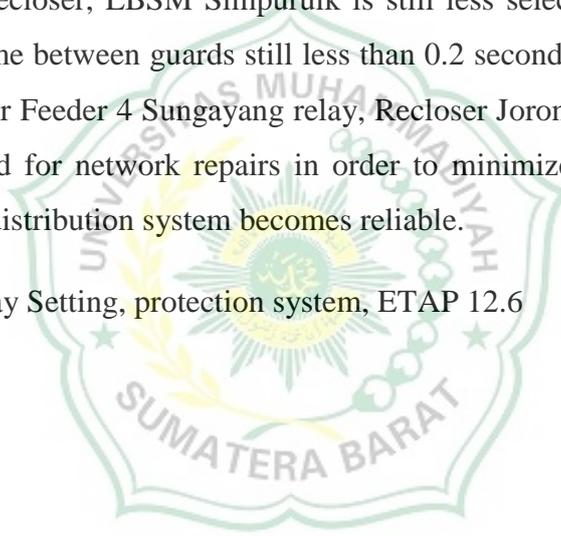
Kata kunci: Setting Relay, system proteksi, , ETAP 12.6



ABSTRACT

Abstract - Short circuit disturbances cause large overcurrents and can cause disruptions to the performance of equipment such as distribution transformers and cause widespread disturbances. In overcoming these problems or disturbances, a protection system is needed in the distribution system. Seeing this, it is necessary to have a coordination between the supporting components of the protection system which consists of the Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR). This research was conducted at PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar, INDONESIA on the Recloser in the Feeder Feeder 4 Sungayang channel. The Ground Fault Relay setting between the 4 Sungayang feeder relays, the Jorong 2 Recloser, LBSM Simpuruik is still less selective, with the average coordination time between guards still less than 0.2 seconds. So the Ground Fault Relay setting for Feeder 4 Sungayang relay, Recloser Jorong 2, LBSM Simpuruik is recommended for network repairs in order to minimize disturbances and the electric power distribution system becomes reliable.

Keywords: Relay Setting, protection system, ETAP 12.6



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT., atas segala berkat yang telah diberikannya, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S.Kom., M.Kom., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak Ir.Yulisman, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, sekaligus Dosen Pembimbing I, dan Bapak Herris Yamashika, S.T., M.T., sekaligus Dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
5. Bapak Ir.Yulisman, M.T., selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Bapak/Ibu Dosen di lingkungan Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik UM Sumatera Barat yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu;
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
8. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2018;
9. Rekan-rekan Ormawa Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro.
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam Skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Elektro.

Bukittinggi, Februari 2023

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....	ii
LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.4.1. Tujuan penelitian.....	2
1.4.2. Manfaat penelitian.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terkait.....	5
2.2. Sistem Distribusi Tenaga listrik.....	6
2.1.1 Gangguan Dalam Jaringan Distribusi.....	6
2.3. Gangguan Hubung Singkat.....	9
2.3.1. Gangguan Hubung Singkat ke Tanah.....	10
2.4. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi.....	11

2.4.1.	Komponen Utama Sistem Proteksi.....	12
2.5.	Seting Relai GFR	17
2.6	<i>Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)</i>	18
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1	Lokasi Penelitian	20
3.2	Data Penelitian.....	23
3.2.1	Jenis penelitian.....	23
3.3	Metode Analisa	24
3.4	Bagan Alir Penelitian.	24
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	28
4.1	HASIL PERHITUNGAN	28
4.1.1.	Kondisi penyulang <i>Trafo</i> Daya 1 dan <i>Trafo</i> Daya 2 pada simulasi <i>Loadflow</i>	28
4.1.2.	Simulasi Hubung Singkat (<i>Short CIrcuit</i>).....	33
4.1.3.	Simulasi Gangguan <i>Star Protektive Looping</i> dan tidak <i>Looping</i> Jaringan.....	38
4.2	PEMBAHASAN.....	44
4.2.1	Kontribusi Arus Gangguan <i>Bus</i> Jorong 2 (Feeder 4 Sungayang)	44
4.2.2	Kontribusi Arus Gangguan <i>Bus</i> LBS Simpuruik 2 (Feeder 4 Sungayang)	44
4.2.3	Kontribusi Arus Gangguan <i>Bus</i> GH Kota (Feeder Kota).....	45
4.2.4	Kontribusi Arus Gangguan <i>Bus</i> LBSM Simpuruik 1 (Feeder Kota)	45
BAB V	PENUTUP	46
5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran	46

DAFTAR PUSTAKA 39

LAMPIRAN..... 40



DAFTAR GAMBAR

No. Gambar		Halaman
Gambar 2.4.1.a	<i>Kurva Standar Inverse</i>	14
Gambar 2.4.1.b	Bagian Utama Trafo	15
Gambar 2.6.	Tampilan <i>Workaheet software</i>	19
Gambar 3.1.	Gardu Induk Batusangkar.....	20
Gambar 3.1.	<i>Single Line Diagram</i>	21
Gambar 4.1.1	<i>Single Line Diagram</i>	26
Gambar 4.1.2.1.a	Grafik <i>Setting relay proteksi Bus Jorong 2</i>	34
Gambar 4.1.2.1.b	Grafik <i>Setting relay proteksi LBS Simpuruik 2</i>	35
Gambar 4.1.2.1.c	Grafik <i>setting relay proteksi Bus GH Kota</i>	36
Gambar 4.1.2.1.d	Grafik <i>setting relay proteksi LBS Simpuruik 1</i>	37



DAFTAR TABEL

No. Tabel		Halaman
Tabel 3.1.2	Jadwal pelaksanaan penelitian	23
Tabel 3.2.	Flawchart penelitian	25
Tabel 4.1.1	Simulasi <i>Loadflow</i>	31
Tabel 4.1.2.1.a	Hasil <i>Bus</i> Jorong 2	33
Tabel 4.1.2.1.b	Hasil <i>Bus</i> Load Break Switch Simpuruik 2	35
Tabel 4.1.2.1.c	Hasil <i>Bus</i> Gardu Hubung Kota	36
Tabel 4.1.2.1.d	Hasil <i>Bus</i> Load Break Switch Simpuruik 1.....	37
Tabel 4.1.3.1.a	Gangguan Pada <i>Bus</i> Jorong 2	38
Tabel 4.1.3.1.b	Gangguan <i>Bus</i> Load Break Switch Simpuruik 2.....	39
Tabel 4.1.3.1.c	Gangguan <i>Bus</i> Gardu Hubung Kota	40
Tabel 4.1.3.1.d	Gangguan Load Break Switch Simpuruik 1.....	40
Tabel 4.1.3.2.a	Gangguan Pada <i>Bus</i> Jorong 2	41
Tabel 4.1.3.2.b	Gangguan <i>Bus</i> Load Break Switch Simpuruik 2.....	42
Tabel 4.1.3.2.c	Gangguan <i>Bus</i> Gardu Hubung Kota	43
Tabel 4.1.3.2.d	Gangguan Load Break Switch Simpuruik 2.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem Tenaga Listrik terdiri dari sistem Pembangkitan, sistem Transmisi, dan sistem Distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan generator disalurkan kemasyarakat melalui jaringan transmisi kemudian ke jaringan distribusi. Jaringan distribusi merupakan bagian jaringan listrik yang paling dekat dengan beban (konsumen). Jaringan distribusi sendiri dikelompokkan menjadi dua, yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder.

Kegagalan pada instalasi sistem tenaga listrik tidak mungkin dapat dihindari, untuk mengurangi kerusakan dan memperkecil daerah gangguan 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 dengan gangguan. Sebagai langkah utama dalam mengatasi adanya gangguan, khususnya pada saluran distribusi biasanya dipakai selain relai jarak yaitu relai arus lebih dan relai gangguan tanah

Jaringan distribusi loop (tertutup). merupakan jaringan yang mempunyai alternatif pasokan tenaga listrik jika terjadi gangguan, sehingga bagian yang mengalami pemadaman (black out) dapat dikurangi atau bahkan dihindari. Susunan rangkaian penyulang membentuk ring, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena rugi tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil.

Koordinasi arus lebih saat gangguan tanah, Arus gangguan tanah selalu masuk ke relay gangguan tanah (GFR), yang diperoleh dari resultante ke tiga fasa maupun dari current tranformer (CT) netral. Penelitian ini akan membahas analisa kinerja *Ground Fault Relay* pada pada *Software ETAP (Electric Transient Analysis Program)*, dan dilihat kinerja proteksi GFR pada kondisi jaringan paralel dari trafo daya berbeda.

1.2. Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana melakukan analisis kinerja *Ground Fault Relay* pada saat kondisi paralel (*Looping*) menggunakan *Software* ETAP.
- b. Terjadi nya gangguan *Ground Fault Relay* pada jaringan Feeder 4 Sungayang dan Gardu Hubung Feeder Kota.
- c. Terjadi nya gangguan *Ground Fault Relay* pada Bus Jorong 2, Bus LBSM Simpuruik 2, LBSM Simpuruik 1 dan Bus GH Kota

1.3. Batasan Masalah

Agar pembahasan ini tidak menyimpang dari topik yang telah ditentukan maka penulis memberi batasan masalah sebagai berikut :

- a. Simulasi akan dilakukan dalam kondisi Paralel Dari Trafo daya yang berbeda.
- b. Gangguan hubung singkat akan dilakukan pada *Feeder* 4 Sungayang, *Recloser* Jorong, *Bus* LBS Simpuruik 1, *Bus* LBS Simpuruik 2 dan *Bus* Gardu Hubung kota.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Manfaat ilmiah.

Manfaat ilmiah dari penelitian ini adalah dalam rangka memperkaya kajian tentang sistem kinerja PMT (Pemutus Tenaga) pada saat terjadi gangguan hubung singkat ke tanah dan bisa dilihat bagaimana kinerja *Ground Fault Relay* pada penyulang feeder pada saat kondisi paralel dari jaringan trafo daya berbeda menggunakan *software* ETAP.

b. Manfaat terapan.

Manfaat terapan dari penelitian ini yakni sebagai acuan dalam Sistematika Penulisan dalam melihat besar gangguan apabila terjadi hubung singkat ke tanah dengan melihat kinerja Ground Fault Relay pada penyulang kondisi paralel menggunakan *Software* ETAP.

1.4.2. Tujuan penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut : Untuk mengetahui kinerja *Ground Fault Relay* pada saat kondisi jaringan paralel dari trafo daya berbeda di Gardu Induk Batusangkar.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan untuk memudahkan pemahaman pembaca dalam mengambil inti yang terdapat pada skripsi ini, maka skripsi ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang pengambilan tema, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan sumber bacaan, teori-teori baik dari buku, jurnal dan hasil-hasil penelitian yang terkait dengan permasalahan dan tujuan yang diangkat dalam skripsi ini. Termasuk didalamnya dijelaskan penelitian relevan yang pernah dilakukan sebelumnya serta perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang rencana dan prosedur penelitian yang dilakukan oleh penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan permasalahan dan tujuan penelitian. Diantaranya penjelasan lokasi penelitian, data penelitian, metode analisis data serta bagian penelitian.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang berbagai perhitungan perencanaan dan tampilan hasil perencanaannya, Disamping itu juga harus mampu menjawab secara ilmiah tujuan atas permasalahan yang diajukan dalam skripsi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V membahas tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah terlaksanakan disertakan dengan pemberian saran atau masukan berdasarkan hasil penelitian pad Bab IV.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Pada penelitian ini akan dilakukan studi literatur untuk mencari landasan acuan teori yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Referensi teori dapat berasal dari buku dan jurnal ilmiah.

Penelitian ini dilakukan oleh I Nengah Sunaya, I Gede Suputra Widharma dengan judul Analisa Koordinasi Over Current Relay dan Ground fault relay Terhadap Keandalan Sistem dimana 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. Ketika titik jarangan gangguan semakin jauh, maka arus gangguan hubung singkatnya semakin kecil, begitu pula sebaliknya.

Penelitian ini dilakukan oleh D.G.Agung Budhi Udiana, I G.Dyana Arjana, Tjok. Gede Indra Partha dengan judul studi analisa *Over Current relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada *Recloser* disuluran penyulang Penebel. penulis membahas system proteksi tenaga listrik. Salah satu peralatan utama dalam system proteksi yang digunakan pada saluran distribusi adalah Relay arus lebih (Over Current Relay) dan relay gangguan tanah (Ground Fault Relay) Maka dari itu perlu adanya suatu koordinasi antara komponen penunjang system proteksi tersebut yang terdiri dari *Over Current Relay* (OCR), dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada *Recloser* saluran penyulang Penebel Koordinasi ini bertujuan agar, disaat salah satu busbar mengalami gangguan atau tidak adanya pengaman yang mengamankan busbar tersebut seperti yang ada pada gardu induk lain, akan mengakibatkan adanya ketidakseimbangan yang dirasakan oleh system dan dapat mengakibatkan kontinuitas aliran daya dapat terganggu sistem proteksi yang handal dapat segera mengantisipasi gangguan sedini mungkin dan meminimalisir efek yang terjadi akibat gangguan.

Penelitian ini dilakukan oleh Bagus Wardoyo, Damis Hardiantono Paulus Mangera dengan judul Studi Rele Gangguan Tanah Pada Jaringan Distribusi Primer di PT PLN (Persero) Wilayah Papua Cabang Merauke dimana menggunakan sistem pentanahan dengan resistansi rendah 40 Ohm dan releproteksi yang khusus terpasang untuk mendeteksi arus hubung singkat yang terjadi akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yaitu rele gangguan tanah (*Ground Fault Relay / GFR*). Tinjauan terhadap rele *Ground Fault Relay* dititik beratkan pada penentuan besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum yang terjadi pada setiap *feeder* dengan menggunakan metode analisis berdasarkan konsep *literature* dan kemudian digun akan sebagai dasar untuk perhitungan setting arus *Ground Fault Relay* (*GFR*). Penelitian ini berada di lokasi feeder 4 Sungayang, dengan panjang penyulang 35 Kms.

2.2. Sistem Distribusi Tenaga listrik

Sistem distribusi merupakan sistem yang mensuplai tenaga listrik yang diterima dari sistem transmisi dengan tegangan 150 Kv melalui gardu distribusi dari *Trafo* tenaga *Step Down* diturunkan menjadi tegangan 20 Kv. Sistem distribusi 20 kv merupakan sistem distribusi primer yang menggunakan jenis kabel tiga fasa atau tiga fasa ke tanah. Sistem distribusi primer juga disebut dengan sistem distribusi Jaringan Tegangan Menengah (*JTM*). Selain itu jenis sistem distribusi sekunder atau biasanya disebut Jaringan Tegangan Rendah (*JTR*) merupakan sistem dengan tegangan 380/220V.

2.1.1 Gangguan Dalam Jaringan Distribusi

Kendala terbesar dalam penyaluran daya listrik ke pelanggan adalah gangguan yang terjadi bisa menyebabkan terputusnya aliran listrik kepada pelanggan. Terputusnya aliran listrik akan mengganggu kenyamanan pelanggan dan menimbulkan kerugian dari segi ekonomi, tetapi hal ini merupakan kondisi yang tidak dapat dihindari.

Pengertian gangguan dalam operasi sistim tenaga listrik adalah kejadian yang menyebabkan bekerjanya *reley proteksi* dan menyebabkan *PMT* (*Pemutus Tenaga*) trip pada sebuah saluran transmisi diluar kehendak operator, sehingga terputusnya aliran daya yang melalui saluran tersebut.

Macam-macam gangguan yang biasanya terjadi dalam sistem tenaga listrik dapat diklasifikasikan dalam:

- Gangguan beban lebih.

Gangguan beban lebih adalah pelayanan kepada pelanggan listrik yang melebihi kemampuan sistem tenaga listrik yang ada, misal: trafo distribusi dengan kapasitas daya terpasang 100 KVA, akan tetapi melayani pelanggan lebih besar dari kapasitasnya.

- Gangguan hubung singkat.

Suatu kondisi pada sistem tenaga dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah. Gangguan hubung singkat dapat menimbulkan arus yang jauh lebih besar dari arus kondisi dimana sistem tenaga listrik dalam keadaan normal.

- Gangguan tegangan lebih.

Suatu gangguan akibat tegangan pada sistem tenaga listrik lebih besar dari seharusnya. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi karena kondisi eksternal dan internal. Kondisi internal terutama karena isolasi akibat perubahan yang mendadak dari kondisi rangkaian atau karena resonansi

- Jatuhnya unit pembangkit.

Gangguan mendadak pada unit pembangkit besar yang menyebabkan jatuhnya unit tersebut maupun gangguan penyaluran berupa putusnya saluran transmisi yang mengakibatkan sistem mengalami kehilangan daya seimbang. Hal tersebut tentunya berpengaruh pada operasi sistem.

- Gangguan stabilitas.

Suatu keadaan yang menggambarkan terjadinya ketidakseimbangan peredaran uang atau pun mekanisme ekonomi atau sistem keuangan suatu negara dalam jangka waktu tertentu

Gangguan dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu gangguan temporer dan gangguan permanen. Gangguan temporer ditandai dengan bekerja normalnya Pemutus Tenaga (PMT) setelah dimasukkan kembali.

Gangguan yang PMT trip setelah dimasukkan kembali. Gangguan permanen baru dapat diatasi setelah penyebab gangguan dihilangkan. Sedangkan pada gangguan temporer, penyebab gangguan akan hilang setelah Pemutus Tenaga (PMT) trip.

Gangguan permanen disebabkan karena rusaknya peralatan, sehingga gangguan baru dapat diatasi apabila kerusakan diperbaiki. Selain itu, karena adanya sesuatu yang mengganggu secara permanen juga menyebabkan gangguan, seperti pohon yang menimpa kawat fasa pada saluran udara. Gangguan akan dapat diatasi apabila pohon tersebut dipindahkan terlebih dahulu. Gangguan temporer yang terjadi berulang kali juga bisa menyebabkan kerusakan pada peralatan, yang akhirnya bisa menyebabkan terjadinya gangguan permanen.

Gangguan yang terjadi pada sistim tenaga muncul secara tiba-tiba dan tidak dapat diprediksi sebelumnya. Terjadinya gangguan tidak dapat dihindari, karena saluran transmisi terbentang di alam bebas. Usaha yang dilakukan antara lain:

a. Mencegah atau mengurangi terjadinya gangguan.

- Memasang kawat tanah dengan tahanan pertanahan yang rendah pada saluran transmisi.
- Memasang penangkal petir.
- Mempergunakan isolasi yang cukup dengan koordinasi yang baik.
- Menebang pohon yang terlalu dekat dengan jaringan.
- Membuat desain kelistrikan yang baik.
- Melaksanakan operasi dan perawatan yang baik.
- Mempergunakan peralatan yang dengan mutu yang baik.

b. Mengurangi akibat-akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.

- Membatasi besarnya arus gangguan.
- Menghindari konsentrasi kapasitas pembangkit.
- Memasang reactor pembatas arus.

2.3. Gangguan Hubung Singkat

Hubung Singkat ialah suatu hubungan yang terjadi karena adanya kesalahan - kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan, sebagai akibat tidak adanya suatu hambatan guna pada lingkaran arus dimana kesalahan tersebut terjadi. Penyebab terjadinya hubung singkat adalah:

1. Adanya isolasi yang tembus/rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang disebabkan oleh tegangan lebih dalam (akibat manipulasi / *switching*) atau tegangan lebih luar (akibat petir) maupun karena isolasi tersebut telah tua / usang.
2. Adanya pengaruh-pengaruh mekanis yang menyebabkan hantaran putus dan mengenai phase/phase lainnya seperti akibat angin, layang-layang maupun akibat galian-galian yang kurang hati-hati dan lain-lainnya.
3. Gangguan hubung singkat sendiri memiliki 4 jenis gangguan, yaitu: gangguan hubung singkat 3 fasa, gangguan hubung singkat 2 fasa, gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah dan gangguan hubung singkat 2 fasa ke tanah terjadi :
 - a. Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung dengan lama pada suatu sistem daya, banyak pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan yang dapat terjadi. Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk system daya.
 - b. Rusaknya perlengkapan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus tak seimbang, atau tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.
 - c. Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya suatu hubung singkat, dan yang mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan-peralatan yang lain.
 - d. Terpecah-pecahnya keseluruhan daerah pelayanan system daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh system-system pengamanan yang berbeda-beda.
 - e. Kejadian ini dikenal sebagai (*cascading*).

Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi pada system tenaga listrik ada 3, yaitu :

- Gangguan hubung singkat tiga fasa.
- Gangguan hubung singkat dua fasa.
- Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

Dari ketiga macam gangguan hubung singkat di atas, arus gangguannya dihitung dengan menerapkan rangkaian pengganti *Thevenin*, yang kemudian besar arus gangguan dapat dihitung dalam persamaan umum Hukum Ohm, yaitu :

$$I = \frac{V}{Z} = I = \frac{V}{R} \quad (2.22)$$

Dimana :

I = Arus yang mengalir pada impedansi Z (Ampere).

V = Tegangan sumber (Volt).

Z = Impedansi jaringan, nilai ekuivalen dari seluruh impedansi di dalam jaringan dari sumber tegangan titik gangguan (*Ohm*).

Dengan mengetahui besarnya tegangan sumber dan besarnya nilai impedansi tiap komponen jaringan, serta mengetahui bentuk konfigurasi jaringan di dalam sistem.

2.3.1. Gangguan Hubung Singkat ke Tanah

Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat diakibatkan oleh dua macam gangguan hubung singkat, yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tidak simetri [7]. Gangguan hubung singkat simetri terjadi karena akibat dirasakan fasa-fasa sama, baik gangguan hubung singkat 3 fasa (L- L -L) maupun gangguan hubung singkat 3 fasa ke tanah (L - L - L - G), disebut gangguan simetri karena apabila terjadi gangguan ini sistem tenaga listrik tetap seimbang. Sedangkan gangguan hubung singkat tidak simetri antara lain diakibatkan oleh gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah (L - G), hubung singkat antar fasa (L - L), maupun

hubung singkat antar fasa ke tanah (L – L – G). Gangguan tidak simetri menyebabkan sistem tenaga listrik menjadi tidak seimbang.

2.4. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi

Sistem Proteksi Tenaga Listrik Yang dimaksud dengan proteksi terhadap tenaga listrik ialah sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya Generator Transformator Jaringan transmisi / distribusi dan lain - lain terdapat kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri. Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa hubung singkat, tegangan lebih/kurang, beban lebih, frekuensi sistem turun/naik terhadap kondisi tidak normal operasi sistem itu sendiri. Proteksi berfungsi sebagai berikut:

1. Untuk menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan-peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal operasi sistem). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikitlah pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat.
2. Untuk cepat melokalisir luas daerah terganggu menjadi sekecil mungkin. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada komsumsi dan juga mutu listrik yang baik.
3. Untuk mengamankan manusia terhadap bahaya listrik.

Ada beberapa persyaratan yang sangat perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan sistem proteksi yang efektif yaitu:

1. Selektivitas dan Diskriminasi Efektivitas
suatu sistem proteksi dapat dilihat dari kesanggupan sistem dalam mengisolir bagian yang mengalami gangguan saja.
2. Stabilitas
Sifat yang tetap tidak operasi apabila gangguan-gangguan terjadi diluar zona yang melindungi (gangguan luar).
3. Kecepatan Operasi
Semakin lama arus gangguan terus mengalir, semakin besar kerusakan peralatan. Hal yang paling penting adalah perlunya membuka bagian-bagian yang terganggu sebelum generator-generator

yang dihubungkan sinkron kehilangan sinkronisasi dengan sistem selebihnya. Waktu pembebasan gangguan yang tipikal dalam sistem sistem tegangan tinggi adalah 140 ms.

4. Sensitivitas (kepekaan)

Yaitu besarnya arus gangguan agar alat bekerja. Harga ini dapat dinyatakan dengan besarnya arus dalam jaringan aktual (arus primer) atau sebagai prosentase dari arus sekunder (trafo arus).

5. Pertimbangan ekonomis

Dalam sistem aspek ekonomis hampir mengatasi aspek teknis, oleh karena jumlah *Feeder*, trafo dan sebagainya yang begitu banyak, asal saja persyaratan keamanan yang pokok dipenuhi. Dalam sistem-sistem transmisi justru aspek teknis yang penting. Proteksi relatif mahal, namun demikian pula sistem atau peralatan yang dilindungi dan jaminan terhadap kelangsungan peralatan sistem adalah vital. Biasanya digunakan dua sistem proteksi yang terpisah, yaitu proteksi primer atau proteksi utama dan proteksi pendukung (*back up*).

6. Realiabilitas

Keandalan, penyebab utama dari “*outage*” rangkaian adalah tidak bekerjanya proteksi sebagaimana mestinya (*mal operation*).

2.4.1. Komponen Utama Sistem Proteksi

1. *Relai Proteksi*

Relai proteksi (pengaman) adalah suatu piranti baik elektrik maupun magnetik yang dirancang untuk mendeteksi suatu kondisi ketidak normalan pada peralatan sistem tenaga listrik yang tidak diinginkan. Jika kondisi abnormal tersebut terjadi maka relay pengaman secara otomatis memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga (*circuit breaker*) agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari sistem normal. Pada prinsipnya relay pengaman yang terpasang pada sistem tenaga listrik mempunyai tiga macam fungsi, yaitu :

- a. Mendeteksi, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu sertamemisahkan secepatnya.

- b. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
- c. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain, yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut dan dapat beroperasi normal serta mencegah meluasnya gangguan.

Relay secara otomatis membuka Pemutus Tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi syarat berupa Lampu atau *Alarm* (bel) yang menandakan sistem telah terjadi gangguan.

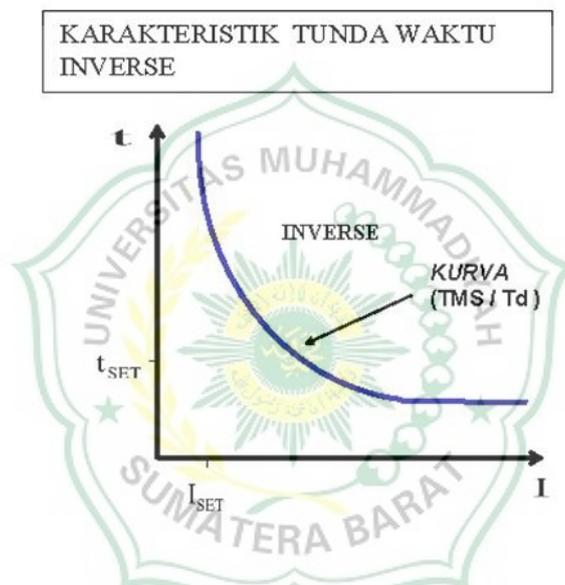
2. GFR (*Ground Fault Relay*)

Ground Fault Relay atau relai gangguan tanah memiliki kegunaan untuk mendeteksi arus hubung singkat fasa ke tanah. Prinsip kerja dari GFR adalah dengan membaca arus gangguan yang terjadi dan membandingkan dengan arus yang telah diinput pada arus setting (Iset). Apabila arus gangguan melebihi arus settingnya maka GFR akan bekerja. Relai akan memberikan perintah kepada CB (*Circuit Breaker*) Untuk trip. *Ground Fault Relay* akan bekerja untuk memutuskan hubungan jaringan listrik saat arus gangguan yang terdeteksi oleh relai lebih besar dari pada arus setting primer pada relai tersebut. Sedangkan relai tidak bekerja untuk memutuskan jaringan listrik saat nilai arus gangguan lebih kecil dari pada arus Setting pada relai tersebut. Hal ini merupakan fungsi dari proteksi untuk meningkatkan keandalan. Berdasarkan Karakteristik waktu kerja GFR yaitu :

a. Standar Inverse

Jenis karakteristik standar inverse untuk waktu kerja *Ground Fault Relay* berkaitan dengan besar nilai arus gangguan yang terjadi pada suatu jaringan listrik dan mempengaruhi waktu kerja relai secara terbalik. Hal ini menjadikan kerja relai saat semakin besar nilai arus gangguan hubung singkat maka semakin kecil waktu kerja relai untuk membuka *Circuit Breaker* (CB) sehingga terputusnya aliran listrik untuk mengamankan sistem jaringan listrik. Berlaku pula sebaliknya

saat arus gangguan semakin kecil maka kerja relai memakan waktu semakin lama untuk membuka CB. Kurva karakteristik standar inverse untuk kerja *Ground Fault Relay* (GFR) digambarkan berdasarkan nilai arus dalam ampere terhadap nilai waktu dalam sekon atau dapat disebut juga karakteristik TCC (*Time Current Characteristic*). Berdasarkan standar IEEE std 242-2001 menjelaskan jenis variasi waktu kerja secara terbalik yang di bedakan menjadi beberapa jenis kurva yang terdiri dari standard invers, very invers, extremely invers dimana kurva dengan perbedaannya dapat dilihat pada gambar dibawah berikut ini;



Gambar 2.4.1.a Kurva Standard Inverse

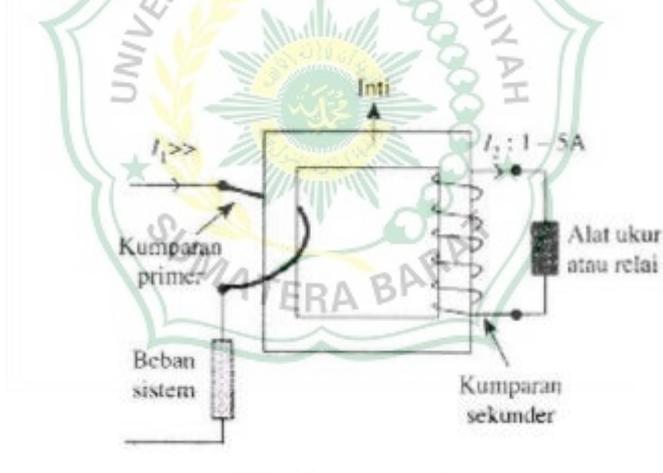
b. Transformator Instrument

Trafo-trafo Instrumen untuk pemasangan alat-alat ukur dan alat-alat proteksi pada instalasi tegangan tinggi, menengah dan rendah. Trafo-trafo pengukuran tersebut adalah: Trafo arus CT (*current transformer*) dan Trafo tegangan.

Trafo arus berfungsi untuk menurunkan arus yang besar pada tegangan tinggi atau menengah (arus primer) menjadi arus yang kecil pada tegangan rendah yang biasanya disebut arus sekunder. Sisi primer trafo arus (CT) dihubungkan seri dengan beban atau saluran daya. Sekunder CT dihubungkan ke rangkaian pengukur atau rele.

Fungsi dari trafo arus adalah mengkonversi besaran arus pada sistem tenaga listrik dari besaran primer menjadi besaran sekunder untuk keperluan pengukuran sistem metering dan proteksi serta mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer. Sebagai pengamanan terhadap manusia atau operator yang melakukan pengukuran. Trafo arus berfungsi untuk standarisasi besaran sekunder, untuk arus nominal 1 Amp dan 5 Amp.

Prinsip kerja trafo arus sama dengan prinsip kerja pada trafo daya satu fasa. Jika pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan primer timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 I_1$. Gaya gerak magnet ini memproduksi fluks pada inti. Fluks ini membangkitkan gaya gerak listrik pada kumparan sekunder E_2 . Jika terminal kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_2 . Arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 I_2$ pada kumparan sekunder.



Gambar 2.4.1.b Bagian Utama Trafo Arus

Trafo tegangan berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi atau menengah menjadi tegangan rendah yang digunakan sebagai besaran ukur sesuai dengan alat-alat ukur atau alat-alat pengamanan. Trafo-trafo ini menyediakan suatu tegangan yang jauh lebih rendah dari pada tegangan pada sistem. Tegangan nominal sekunder biasanya adalah 110 V.

3. CT (*Current Transformer*)

Current Transformer adalah peralatan yang mengubah besaran arus dari besar kekecil ataupun sebaliknya sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Untuk system tenaga listrik berdaya besar diperlukan CT untuk merubah nilai nominal arus system menjadi lebih kecil sehingga bisa terbaca oleh peralatan proteksi atau pengukuran (*metering*).

Peralatan proteksi dan metering tersebut biasanya hanya menerima nilai arus dengan dua nilai nominal yaitu 0-1A (untuk kelas peralatan 1A) dan 0-5A (untuk kelas peralatan 5A). terminal sekunder CT) kemudian menghitung/merubahnya kembali sebagai pembacaan sisi primer (nilai arus yang mengalir sebenarnya). Nilai perhitungan yang dilakukan oleh peralatan proteksi dan metering didasarkan pada nilai rasio dari sebuah *Current Transformer*.

Pemilihan *Rasio Current Transformer* Untuk menentukan besaran nilai CT yang akan digunakan, seorang perancang harus mengetahui nilai beban penuh dari system pembangkitan, transmisi maupun distribusi. Akurasi *Rasio Current Transformer* (CT) mempunyai akurasi kelas kesalahan pembacaan (% error) yang berbeda-beda. Semakin kecil nilai kesalahan pembacaan (% error) CT maka semakin baik kelas akurasi sebuah CT. Apabila terdapat CT baru dari pabrikan dengan spesifikasi rasio 400/5 dan kelas akurasi 0,5.

a. PT (*Potensial Transformator*)

Trafo tegangan berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi atau menengah menjadi tegangan rendah yang digunakan sebagai besaran ukur sesuai dengan alat ukur atau alat pengaman. Trafo-trafo ini menyediakan suatu tegangan yang jauh lebih rendah dari pada tegangan pada sistem. Tegangan nominal sekunder biasanya adalah 110 V.

4. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga adalah saklar yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus atau daya listrik sesuai dengan batas kemampuannya. Pada waktu pemutusan atau menghubungkan

arus atau daya listrik akan terjadi busur api. Pemadaman busur api listrik pada waktu pemutusan dapat dilakukan oleh beberapa macam bahan yaitu minyak, udara atau gas.

Sistem Pemutus (PMT) terdiri dari beberapa sub-sistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian komponen dan fungsi dilakukan berdasarkan, sebagai berikut:

- a. *Primary* merupakan bagian PMT yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menyalurkan energy listrik dengan nilai *losses* yang rendah dan mampu menghubungkan / memutuskan arus beban saat kondisi normal/tidak normal.
- b. *Dielectric* berfungsi sebagai Isolasi peralatan dan memadamkan busur api dengan sempurna pada saat moving contact bekerja.
- c. *Driving Mechanism* berfungsi menyimpan energi untuk dapat menggerakkan kontak gerak (*moving contact*) PMT dalam waktu tertentu sesuai dengan spesifikasinya.
- d. *Secondary Sub sistem secondary* berfungsi mengirim sinyal kontrol / *trigge* untuk mengaktifkan subsistem mekanik pada waktu yang tepat.

5. Baterai.

Merupakan suatu sumber atau menghasilkan energi listrik arus searah DC (*Direct current*) yang dapat digunakan untuk keperluan yang bermacam-macam dan beraneka ragam. Pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik dan di Gardu-gardu induk baterei berfungsi untuk keperluan pelayanan bantu (*auxiliary service*) yang meliputi:

- a. Kontrol, pengawasan (*security*), tanda-tanda, isyarat (*signalling and alarm system*).
- b. Motor-motor untuk pemutus tenaga (*circuit breaker*), pemisah (*disconnecting switch*) dan pengubah tap trafo (*tap chager*).

2.5. Seting Relai GFR

Arus setting GFR Setting relay GFR pada sisi primer dan sisi sekunder transformator tenaga terlebih dahulu harus dihitung arus nominal transformator

tenaga. Arus setting untuk relay GFR baik pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga adalah sebagai berikut :

$$I_{set} (\text{prim}) = 0,2 \times I_{\text{nominal trafo}} \dots\dots\dots(2)$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai setting sekunder yang dapat disetkan pada relay GFR, maka harus dihitung dengan menggunakan rasio trafo arus (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder *Transformator* tenaga. Cara yang sama juga digunakan pada *Setting Over Current Relay*.

$$\text{Rumus : } I_{set} (\text{prim}) = I_{GFR} = 0,2 \times I_{\text{nominal}} \frac{1}{\text{Ratio CT}} \dots\dots\dots(3)$$

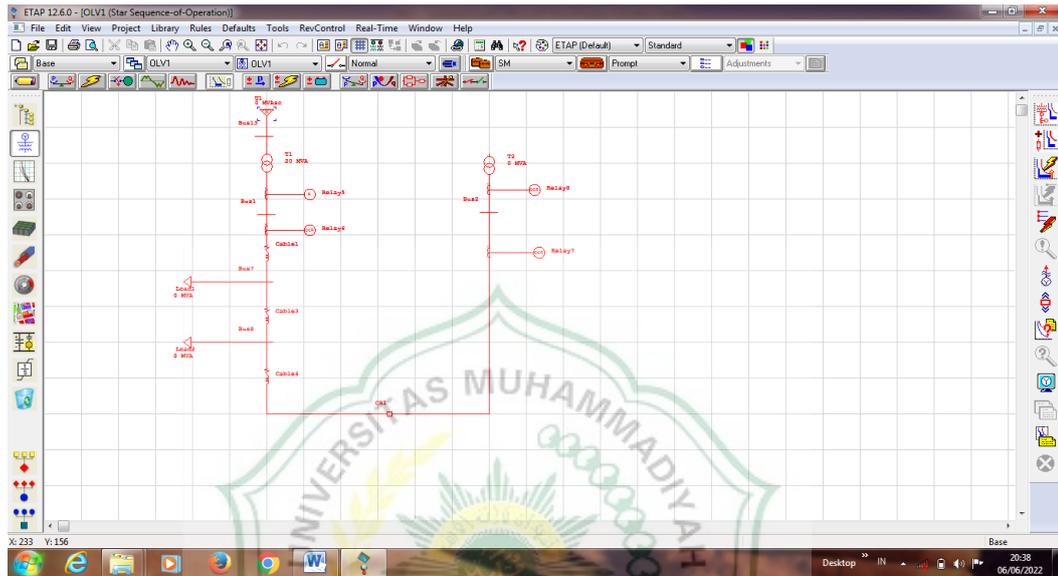
Keterangan :

- I_{gfr} = Arus pada relay GFR
- I_{nom} = Arus nominal pada transformator
- CT = Rasio Transformator

2.6 *Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)*

ETAP merupakan suatu perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisa pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data realtime atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diubah langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan.

Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis. Etap Power Station memungkinkan untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis. ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu.



Gambar 2.6. Tampilan *worksheet software* ETAP 12.6

Ada dua macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan pada ETAP, yaitu standar ANSI dan IEC yang membedakannya adalah frekwensi yang digunakan sehingga berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekwensi masing-masing. Pada penelitian ini digunakan standar IEC dengan frekwensi 50 Hz.

ETAP sebagai salah satu program aplikasi yang efisien karena terdapat metode penyelesaian aliran daya seperti metode *Gauss-Seidel*, *Newton-Rapshon*, dan *Fast Decoupled* sudah diintegrasikan ke dalam program.

Walaupun berbagai kemudahan yang diberikan oleh program ETAP seperti program aplikasi lainnya dalam sistem tenaga listrik, tetapi didalam melakukan simulasi tetap harus memperhatikan setiap data-data yang digunakan dalam simulasi harus valid dan mampu merepresentasikan sistem yang sebenarnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi kajian tugas akhir ini dilakukan pada PT. PLN (Persero) Gardu Induk Batusangkar, merupakan jaringan transmisi yang terletak di Kec, Sungai Tarab Kab.Tanah Datar

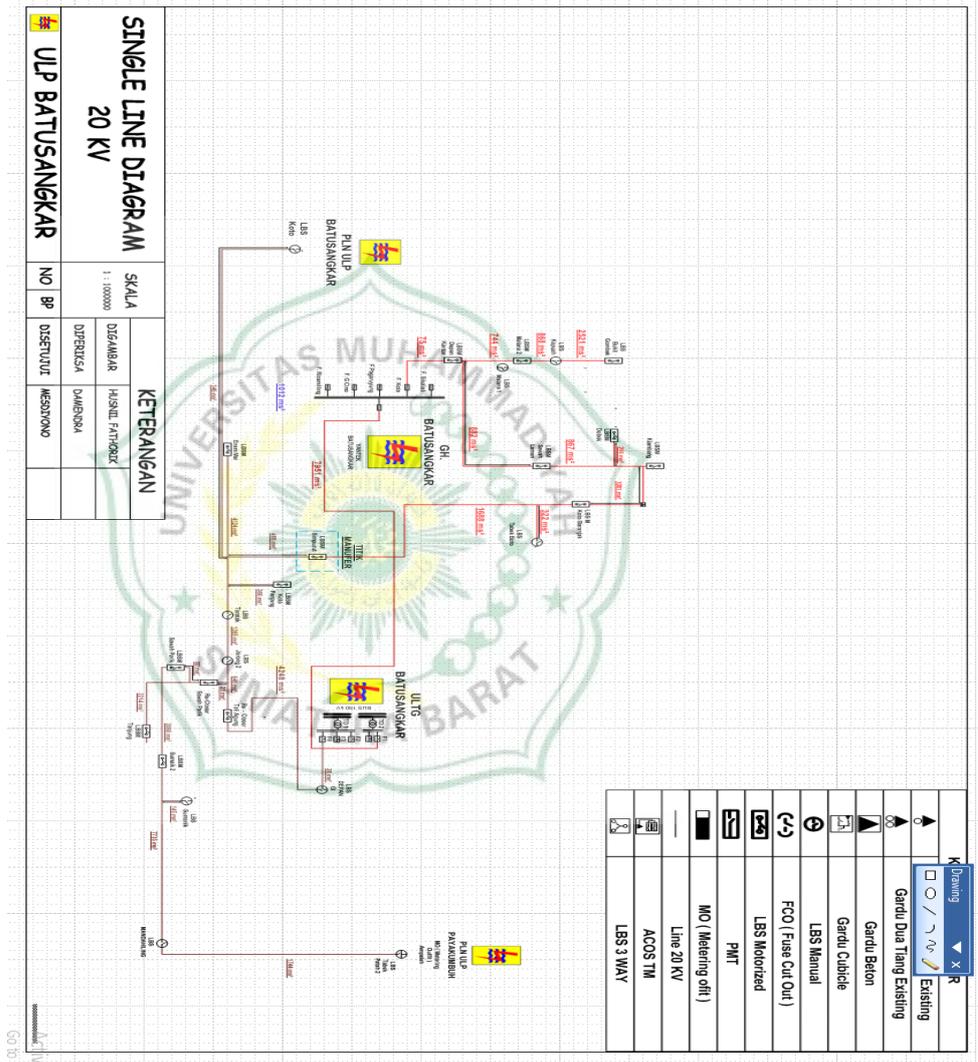


Gambar 3.1. Gardu Induk Batusangkar

Penulis memilih mengambil lokasi tempat penelitian di GI Batusangkar ini bertujuan untuk mempermudah dalam memperoleh data penelitian. Jenis gardu induk ini berfungsi untuk menaikkan tegangan listrik yang dihasilkan oleh pembangkit pada rating tegangan tertentu. Gardu induk ini berada dekat di lokasi pembangkit. Perlu diketahui bahwa tegangan listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tidak begitu besar dan apabila langsung ditransmisikan tanpa dinaikkan tegangannya terlebih dahulu maka akan terjadi rugi rugi daya saat proses transmisi.

3.1.1 Single Line Jaringan Diagram Gardu Hubung Kota Gardu Induk Batusangkar

Jaringan distribusi inidisuplai dari dua trafo daya berbeda yaitu dari penyulang feeder Sungayang dan Gardu Hubung Kota , berikut adalah single line dari jaringan distribusi.



Gambar 3.1.1 Single line jaringan penyulang

3.1.2 Pola Operasi Sistem *Looping* Feeder 4 Sungayang dan Gardu Hubung Kota

Jaringan Distribusi ini di suplay dari dua trafo daya berbeda yaitu dari penyulang Feeder 4 Sungayang dan Gardu Hubung Kota . Pola dari operasi Sistem *Looping* ini yaitu :

1. Dalam keadaan normal saluran penyulang Feeder 4 Sungayang dan Gardu Hubung Kota dalam beroperasi darit Trafo Daya 1 dan Trafo Daya 2.
2. Apabila terjadi gangguan ground fault relay pada jaringan Feeder 4 Sungayang Trafo Faya 1 maka PMT dalam posisi lepas atau off .
3. Ketika PMT Feeder 4 Sungayang dalam posisi off sampai *Recloser* Jorong 2, maka di lakukan looping jaringan dari *Trafo Daya* 2 melalui gardu hubung kota denga memasukan LBS Motorize Simpurut sampai ke *Recloser* Jorong 2.

Lokasi gangguan *Ground Fault Relay* terjadi dari PMT Feeder 4 Sungayang sampai ke *Recloser* Jorong 2. Penyebab terjadinya gangguan dikarenakan adanya flash material sambungan utama yakni pin isolator. Pada saat terjadinya gangguan akan mengakibatkan padam jaringan di daerah tersebut. Karena sering terjadinya gangguan maka dilakukan perbaikan jaringan dari material yang di pakai menjadi lebih aman, dilalukan pergantian material seperti kawat AAACS .

Adapun waktu penelitian yang direncanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1.2 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Mei 2021				Juni 2022				Juli 2022				Agustus 2022			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Observasi Awal																
2	Studi Literatur																
3	Pengumpulan Data																
4	Desain Sistem Feeder dengan ETAP																
5	Simulasi Sistem dengan ETAP																
6	Analisa Hasil Simulasi ETAP																
7	Penarikan Kesimpulan																
8	Penulisan Laporan																

3.2 Data Penelitian

Pada data penelitian diuraikan mengenai jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data serta metode yang digunakan, dengan uraian masing-masing sebagai berikut :

3.2.1 Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis yakni jenis penelitian

kuantitatif yang bertujuan untuk melihat kinerja *Ground fault Relay* ketika terjadi gangguan pada jaringan distribusi dengan melakukan simulasi dengan software ETAP 12.6.

3.2.1.1 Sumber Data

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan sebagai *input* untuk melakukan simulasi aliran daya menggunakan *software* ETAP 12.6. Adapun data yang digunakan adalah berupa data primer yang diperoleh secara langsung.

Data utama penelitian ini dikumpulkan melalui wawancara dan *observasi* langsung dengan Gardu Induk Batusangkar. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini antara lain :

a. Data Jaringan Distribusi

Untuk merancang single line diagram diperlukan data-data untuk mengisi parameter yang digunakan dalam single line diagram. Data yang dibutuhkan nantinya adalah berupa data : bus, tipe bus, transformator, dan data penyaluran.

b. Data beban

Data beban adalah total daya dari beban dan tipe beban listrik yang digunakan untuk simulasi aliran daya menggunakan *software* ETAP.

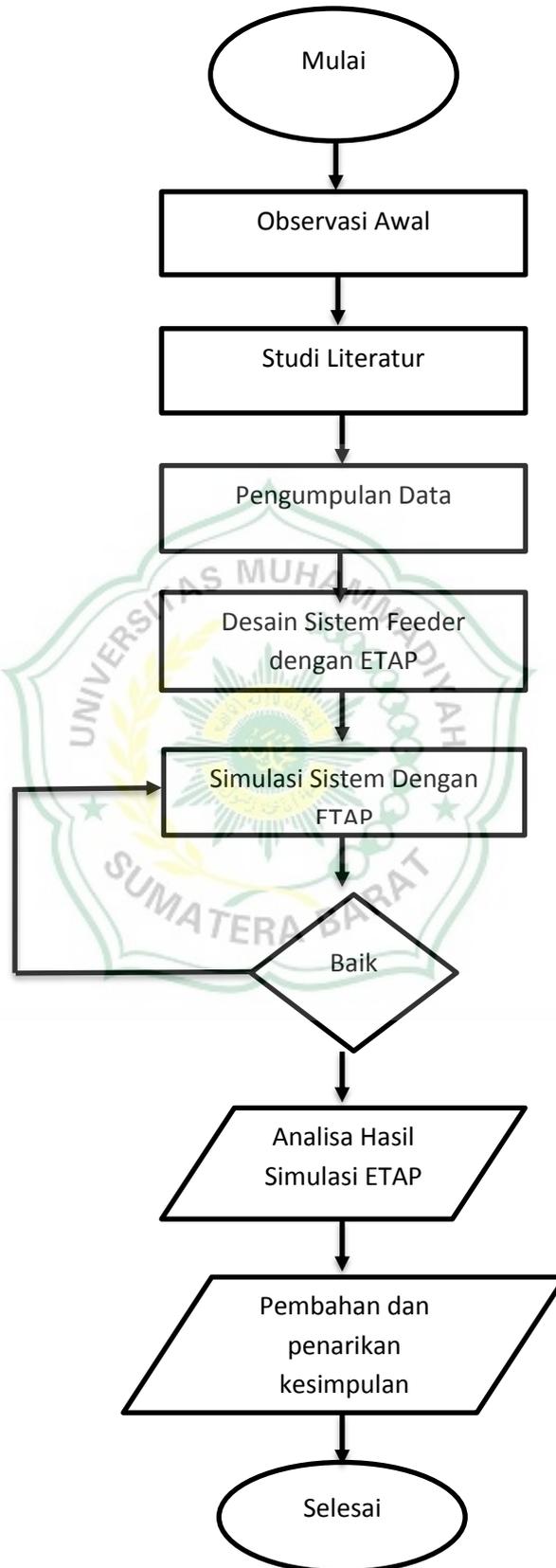
3.3 Metode Analisa

Penelitian ini akan mensimulasikan Kinerja *Ground Fault Relay* pada Feeder 4 Sungayang dan Gardu Hubung Kota serta memeriksa kinerja *relay* tersebut.

3.4 Bagan Alir Penelitian.

Adapun alur dari penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan oleh flowchart pada gambar 3.2, berikut ini :

Gambar 3.2 Flawchart penelitian



Berdasarkan flowchart penelitian yang akan dilakukan dapat diuraikan seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 3.2 Flawchart Penelitian

No.	Alur Penelitian	Keterangan
1.	Observasi awal	Observasi awal dilakukan dengan diskusi kepada dosen pembimbing serta survey lokasi untuk memperoleh gambaran dan alasan bisa dilakukan penelitian terhadap kinerja Ground Fault Relai di GI Batusangkar
2.	Studi literatur	Studi literatur dilakukan untuk mengetahui data apa saja yang akan dibutuhkan dalam penelitian serta bagaimana mengolah data tersebut
3.	Desain Single line diagram ETAP	Setelah mendapatkan data existing maka dilakukan desain single line diagram pada <i>software</i> ETAP <ul style="list-style-type: none"> - Menggambarkan sigle line diagram - Memasukkan nomor dan identitas dari peralatan (busbar, transformator, penghantar, setingan Relai , CT dan beban). - Memasukkan besarnya nilai tegangan bus.
5.	Simulasi sistem	Pada tahap ini, akan dilakukan studi aliran daya untuk mengetahui profil tegangan bus dan pembebanan dan data Relay GFR dengan tahapan :

		<ul style="list-style-type: none"> - Pemilihan kondisi simulasi Paralel dari Trafo daya berbeda - Melakukan simulasi load flow - melakukan setingan Relay GFR dan CT (current Tranformator) - melihat hasil simulasi
6.	Analisa hasil simulasi ETAP	Setelah mengetahui hasil simulasi maka dilihat kinerja dari setingan Relai apakah Ground Fault Relai bekerja dengan baik maka proses selesai dan jika tidak bekerja dengan baik maka lakukan kembali setingan Relay sampai hasilnya baik.
7.	Pembahasan dan penarikan kesimpulan	Apabila Relai GFR Bekerja baik dan sesuai dengan setingan yang dibuat maka proses setingannya selesai.



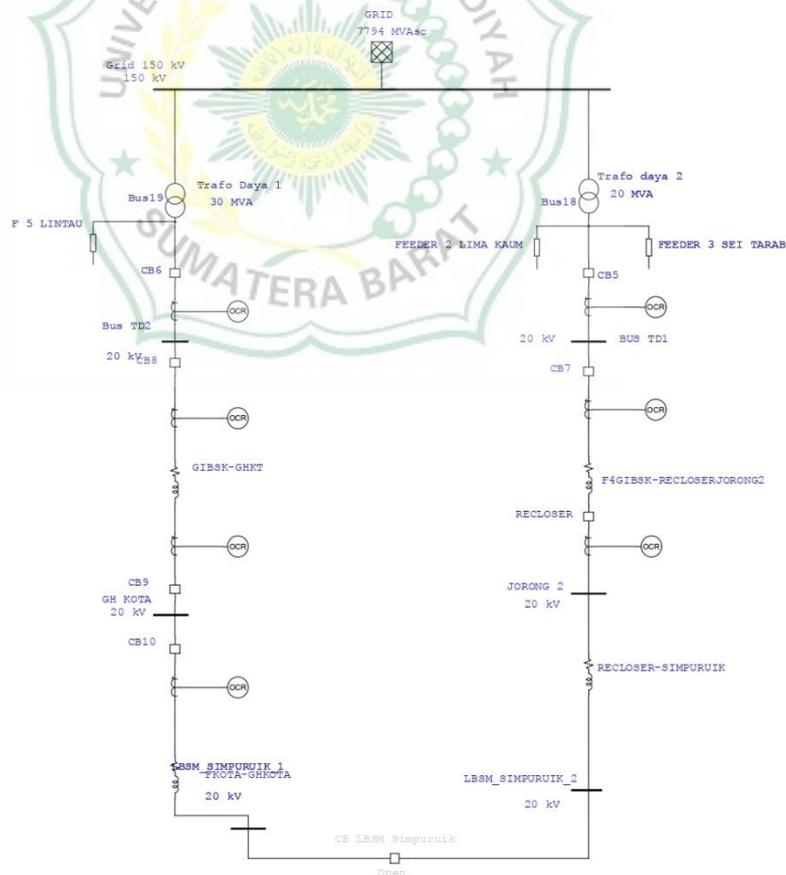
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PERHITUNGAN

4.1.1. Kondisi penyulang *Trafo Daya 1* dan *Trafo Daya 2* pada simulasi *Loadflow*.

Pada keadaan normal saluran penyulang *feeder 4* Sungayang dan Gardu Hubung Kota yang beroperasi dari trafo daya 1 dan trafo daya 2. Untuk trafo daya 1 menyuplai beban ke Feeder 4 Sungayang dan recloser jorong 2, sedangkan *trafo* daya 2 menyuplai ke feeder 1 express dan gardu hubung kota. Penelitian ini bertujuan untuk melihat profil tegangan dari simulasi *Loadflow* yang disimulasikan pada *Software* etap 12.60.

Penentuan *Setting Relay* pada kondisi ini berdasarkan Gambar 4.1.1 dibawah:



Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa di Gardu Induk Batusangkar memiliki 2 buah *Trafo* Tenaga 3 Phasa 150/20 kV, *Trafo* daya 1 sebesar 20 Mva dan *Trafo* daya 2 sebesar 30 Mva.

Trafo daya 1 memiliki kapasitas penyulang sebanyak 3 buah yang terdiri dari :

1. Penyulang 2 Lima Kaum (beban puncak sebesar 83A dengan panjang 84,5 kms).
2. Penyulang 3 Sungai Tarab (beban puncak sebesar 52A dengan panjang 46,3 kms).
3. Penyulang 4 Sungayang (beban puncak sebesar 45A dengan panjang 50,6 kms).

Trafo Daya 2 memiliki kapasitas penyulang sebanyak 2 buah yang terdiri dari :

1. Penyulang Feeder 1 Express Kota (beban puncak sebesar 140 A dengan panjang 9,1 kms). Out Going Feeder 1 Express Kota langsung ke Incoming Gardu Hubung Kota yang terdiri dari penyulang :
 - a. Feeder Kota (beban puncak sebesar 46 A dengan panjang 11,5 kms).
 - b. Feeder Pagaruyung (beban puncak sebesar 27 A dengan panjang 14,6 kms)
 - c. Feeder Sikladi (beban puncak sebesar 47 A dengan panjang 36 kms)
 - d. Feeder Guguk Cino (beban puncak sebesar 24 A dengan panjang 35,29 kms)
 - e. Feeder Ricemiling (beban puncak sebesar 3 A dengan panjang 2 kms)
2. Penyulang Feeder 5 Lintau (beban puncak sebesar 110 A dengan panjang 96,5 kms).

Trafo Daya 1 (I nominal Trafo) Tenaga sebesar 20 Mva

Dengan rumus :

$$S = VxIx\sqrt{3}$$

S = Daya

V = Tegangan

I = Arus

Dari rumus diatas dapat dihitung niali arus nominal trafo pada sisi prime dan sekunder

- Menghitung Ip (arus nominal sisi primer)

$$Ip = S/(Vx\sqrt{3})$$

$$Ip = 20.000 \text{ kVA} / (150 \text{ kV} \cdot 1,73)$$

$$Ip = 77,07 \text{ A}$$

- Menghitung Ip (arus nominal sisi Sekunder)

$$Ip = S/(Vx\sqrt{3})$$

$$Ip = 20.000 \text{ kVA} / (20 \text{ kV} \cdot 1,73)$$

$$Ip = 692 \text{ A}$$

Trafo Daya 2 (I nominal Trafo) Tenaga sebesar 30 Mva

Dengan rumus :

$$S = VxIx\sqrt{3}$$

S = Daya

V = Tegangan

I = Arus

Dari rumus diatas dapat dihitung niali arus nominal trafo pada sisi prime dan sekunder

- Menghitung Ip (arus nominal sisi primer)

$$Ip = S/(Vx\sqrt{3})$$

$$Ip = 30.000 \text{ kVA} / (150 \text{ kV} \cdot 1,73)$$

$$Ip = 115,6 \text{ A}$$

- Menghitung Ip (arus nominal sisi sekunder)

$$Ip = S/(Vx\sqrt{3})$$

$$Ip = 30.000 \text{ kVA} / (20 \text{ kV} \cdot 1,73)$$

$$Ip = 866,025$$

Dari hasil simulasi diatas maka didapatkan data hasil analisa *Loadflow*.

Tabel 4.1.1 Simulasi *Loadflow*

Bus	Beban (Kva)	Arus (I)
Bus 150 kv	51	0,2
Trafo Daya 1	20	0,1
Trafo Daya 2	32	0,1
Feeder Kota	15	0,4
Feeder 4 Sungayang	20	0,6
Recloser Jorong 2	15	0,4

Dari hasil simulasi *loadflow* diatas diketahui tegangan primer 150 Kv dan Tegangan Primer 20 kv, dengan beban pada Bus 150 Kv sebesar 51 Kva, beban menuju Trafo Trafo Daya 1 sebesar 20 Kva ,dan Trafo Trafo Daya 2 sebesar 32 Kva, untuk beban pada Feeder Kota sebesar 15 Kva, Feeder 4 Sungayang 20 Kva , dan *Recloser* Jorong 2 sebesar 15 Kva.

Kemudian dibutuhkan untuk menentukan urutan relay yang bekerja nilai waktu tunda relay dimana :

$$tms = \frac{t \left(\left[\frac{I_f}{I_{set}} \right]^{\alpha} - 1 \right)}{\beta}$$

Dimana :

Tms : time multiplier setting

t : waktu kerja (operasi relay)

If : arus gangguan

Iset : arus setting relay

β : eksponensial (nilai untuk standard *inverse*) 0,02

α : konstanta (nilai untuk standard *inverse*) 0,14

Perhitungan nilai *Time Multiplier Setting* (TMS) kedua trafo daya sebagai berikut :

1. Perhitungan Nilai *Time Multiplier Setting* (TMS) Trafo Daya 1

Hasil analisa aliran daya (*loadflow analysis*) dan analisa hubung singkat (*short circuit*) dilakukan, digunakan untuk perhitungan *time multiplier setting* pada jaringan distribusi Feeder 4 Sungayang di Gardu Induk Batusangkar , maka diperoleh :

$$I = 45 \text{ A}$$

$$I_{set} = I_n \times 1,1 = 49,5 \text{ A}$$

$$I_f = 4,7 \text{ kA}$$

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

maka didapatkan tms :

$$tms = \frac{t \left(\left[\frac{I_f}{I_{set}} \right]^\beta - 1 \right)}{\alpha}$$

$$tms = \frac{0,3 \left(\left[\frac{4,7}{0,49} \right] - 1 \right)}{0,14}$$

$$tms = 0,21 \text{ detik}$$

2. Perhitungan Nilai *Time Multiplier Setting* (TMS) Trafo Daya 2

Hasil analisa aliran daya (*loadflow analysis*) dan analisa hubung singkat (*short circuit*) dilakukan, digunakan untuk perhitungan *time multiplier setting* pada jaringan distribusi Feeder 1 Gardu Hubung Kota di Gardu Induk Batusangkar, maka diperoleh :

$$I = 47 \text{ A}$$

$$I_{set} = I_n \times 1,1 = 51,7 \text{ A}$$

$$I_f = 6,62 \text{ kA}$$

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

maka didapatkan tms :

$$tms = \frac{t \left(\left[\frac{I_f}{I_{set}} \right]^\beta - 1 \right)}{\alpha}$$

$$tms = \frac{0,3 \left(\left[\frac{6,62}{0,47} \right] - 1 \right)}{0,14}$$

$$tms = 0,46 \text{ detik}$$

4.1.2. Simulasi Hubung Singkat (*Short Circuit*)

4.1.2.1 Simulasi pada Feeder 4 Sungayang

a. Kontribusi Arus Gangguan *Bus* Jorong 2

Relay bekerja karena adanya gangguan pada jaringan, gangguan tersebut mengakibatkan relay harus memerintahkan CB untuk trip dalam waktu cepat. Pemilihan titik gangguan dilakukan pada titik terjauh dan titik percabangan. Gangguan akan dilakukan pada Bus Jorong 2. Simulasi akan dilakukan per bus yang telah ditentukan.

Titik gangguan *Bus* Jorong 2

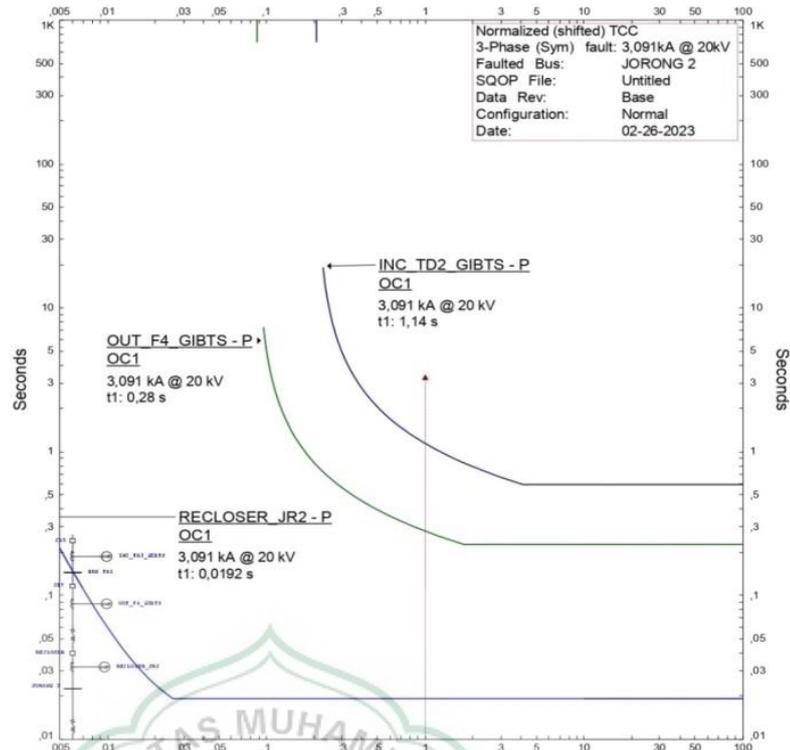
$$t = \frac{tms \times \alpha}{\left[\frac{I_f}{I_{set}} \right]^\beta - 1}$$

$$t = \frac{0,21 \times 0,14}{\left[\frac{3,090}{0,21} \right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,041 \text{ detik}$$

Tabel 4.1.2.1.a Hasil Pada *Bus* jorong 2

Titik Gangguan	Kontribusi Gangguan (kA)	Waktu Kerja Relay (detik)
Bus Jorong 2	3,090 kA	0,04 detik



Gambar 4.1.2.1.a Grafik *setting relay proteksi Bus* Jorong 2

b. Kontribusi Arus Gangguan *Bus* LBS Simpuruik 2

Relay bekerja karena adanya gangguan pada jaringan, gangguan tersebut mengakibatkan relay harus memerintahkan CB untuk trip dalam waktu cepat. Pemilihan titik gangguan dilakukan pada titik terjauh dan titik percabangan. Gangguan akan dilakukan pada *Bus* LBS simpurut 2. Simulasi akan dilakukan per bus yang telah ditentukan

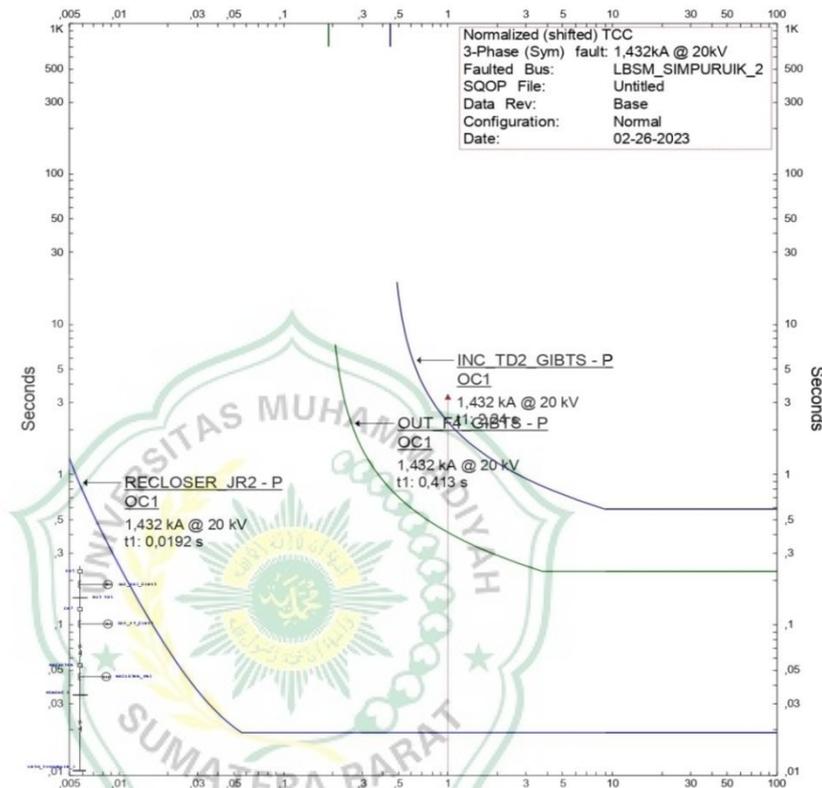
$$\text{Titik gangguan LBS Simpuruik 2} \quad t = \frac{tms \times \alpha}{\left[\frac{I_f}{I_{set}}\right]^{\beta} - 1}$$

$$t = \frac{0,21 \times 0,14}{\left[\frac{1,432}{0,21}\right]^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,06 \text{ detik}$$

Tabel 4.1.2.1.b Hasil Pada LBS Simpuruik 2

Titik Gangguan	Kontribusi Gangguan (kA)	Waktu Kerja Relay (detik)
Bus LBS Simpuruik 2	1,432 kA	0,06 detik



Gambar 4.1.2.1.b Grafik seting relay proteksi Bus LBS Simpuruik 2

4.1.2.2 Simulasi pada Gardu Hubung Kota

a. Kontribusi Arus Gangguan Bus Gardu Hubung Kota

Relay bekerja karena adanya gangguan pada jaringan, gangguan tersebut mengakibatkan relay harus memerintahkan CB untuk trip dalam waktu cepat. Pemilihan titik gangguan dilakukan pada titik terjauh dan titik percabangan. Gangguan akan dilakukan pada bus gardu hubung kota. Simulasi akan dilakukan per bus yang telah ditentukan.

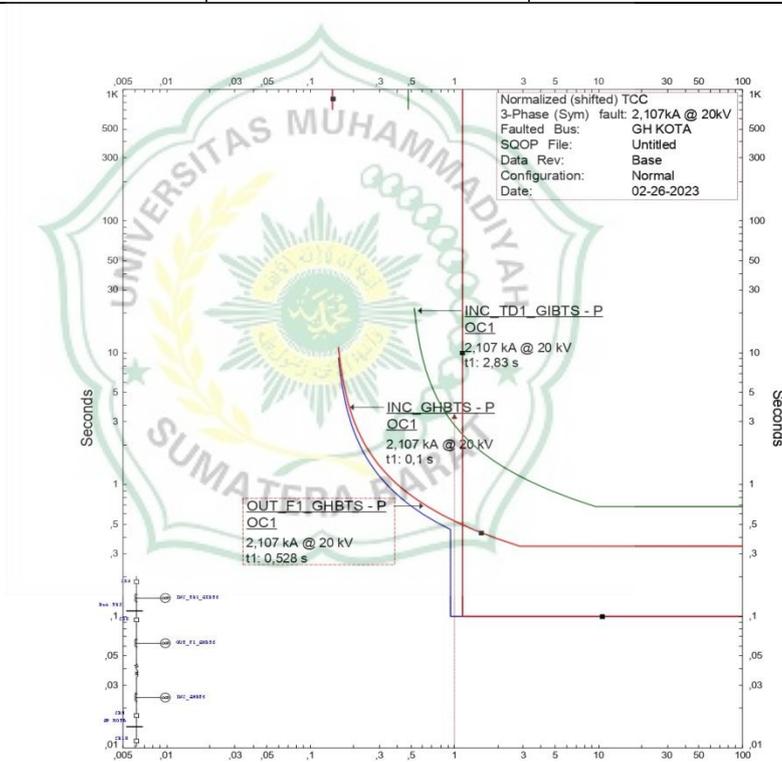
Titik gangguan bus Gardu Hubung Kota $t = \frac{tms \times \alpha}{\left[\frac{I_f}{I_{set}}\right]^{\beta}-1}$

$t = \frac{0,42 \times 0,14}{\left[\frac{2,107}{0,46}\right]^{0,02}-1}$

$t = 0,10 \text{ detik}$

Tabel 4.1.2.2.a Hasil Bus Gardu Hubung Kota

Titik Gangguan	Kontribusi Gangguan (kA)	Waktu Kerja Relay (detik)
Bus GH Kota	2,107kA	0,10 detik



Gambar 4.1.2.2.a Grafik seting relay proteksi Bus GH Kota

b. Kontribusi Arus Gangguan Bus LBS Simpuruik 1

Relay bekerja karena adanya gangguan pada jaringan, gangguan tersebut mengakibatkan relay harus memerintahkan CB untuk trip dalam waktu cepat. Pemilihan titik gangguan dilakukan pada titik terjauh dan titik percabangan. Gangguan akan dilakukan pada Bus LBS simpurut 1.

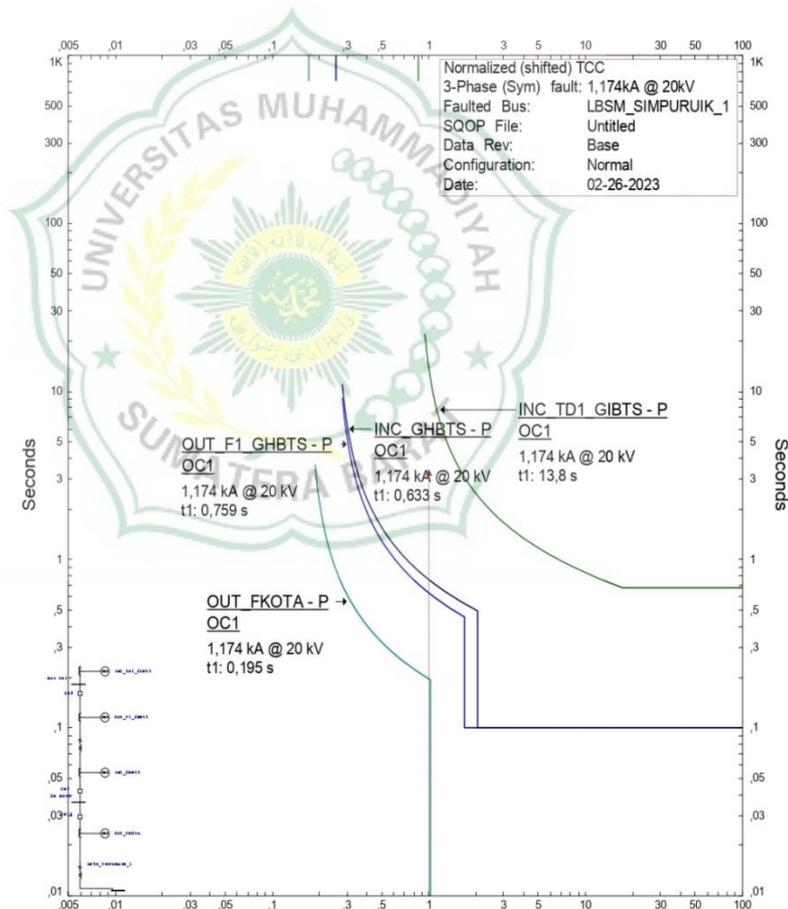
$$\text{Titik gangguan Bus LBS Simpuruik 1 } t = \frac{tms \times \alpha}{\left[\frac{I_f}{I_{set}}\right]^{\beta-1}}$$

$$t = \frac{0,46 \times 0,14}{\left[\frac{1,175}{0,46}\right]^{0,02-1}}$$

$$t = 0,06 \text{ detik}$$

Tabel 4.1.2.2.b Hasil Bus LBS Simpuruik 1.

Titik Gangguan	Kontribusi Gangguan (kA)	Waktu Kerja Relay (detik)
LBS simpurut 1	1,174 kA	0,06 detik



Gambar 4.1.2.2.b Grafik seting relay proteksi Bus LBS Simpuruik 1.

4.1.3. Simulasi Gangguan *Star Protektive Looping* dan tidak *Looping* Jaringan.

4.1.3.1 Simulasi Gangguan *Star Protektive* kondisi tidak *Looping* Jaringan

a. Gangguan pada *Bus* Jorong 2

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada *Bus* Jorong 2 maka *Recloser* Jorong 2 berada dalam posisi off, maka *Recloser* Jorong 2 akan mengeluarkan indikasi gangguan, Sehingga *Bus* Jorong 2 sampai *Recloser* Jorong 2 dalam keadaan padam jaringan.

Tabel 4.1.3.1.a Gangguan Pada *Bus* Jorong 2

NO	LOKASI GANGGUAN	TIME	ID	IF (kA)	T1 (ms)	Condition
1	BUS JORONG 2	19,2	RECLOSER_JR2	3.091	19,2	Phase-0C1-51
		280	OUT_F4_GIBTS	3.091	280	Phase-0C1-51
		1138	INC_TD2_GIBTS	3.091	1138	Phase-0C1-51

Dari Tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada saat terjadinya gangguan pada *Bus* Jorong 2 akan mengeluarkan indikasi arus gangguan di *Recloser* Jorong 2 sebesar 3,091 kA dengan waktu 19,2 ms. Gangguan akan terdeteksi pada *Recloser* Jorong 2, *Out Going Feeder* 4 Sungayang dan *Incoming Feeder* 4 Sungayang. Gangguan ini terdapat di ujung jaringan.

b. Gangguan pada *Bus* LBS Simpuruik 2

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada *Bus* LBS Simpuruik 2 maka *Recloser* Jorong 2 berada dalam posisi off, maka *Bus* LBS Simpuruik 2 akan mengeluarkan indikasi gangguan, Sehingga *Bus* LBS Simpuruik 2 sampai *Recloser* Jorong 2 dalam keadaan padam jaringan.

Tabel 4.1.3.1.b Gangguan Pada *Bus* LBS Simpuruik 2

NO	LOKASI GANGGUAN	TIME	ID	IF (kA)	T1 (ms)	Condition
1	LBS SIMPURUIK 2	19,2	RECLOSER _JR2	3.091	19,2	Phase-0C1- 51
		280	OUT_F4 _GIBTS	3.091	280	Phase-0C1- 51
		1138	INC_TD2 _GIBTS	3.091	1138	Phase-0C1- 51

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada saat terjadinya gangguan pada LBS Simpuruik 2 akan mengeluarkan indikasi arus gangguan di *Recloser* Jorong 2 sebesar 3,091 kA dengan waktu 19,2 ms. Gangguan akan terdeteksi pada *Recloser* Jorong 2, *Out Going* feeder 4 Sungayang dan *Incoming Feeder* 4 Sungayang. Gangguan ini terdapat di ujung jaringan

c. Gangguan pada Bus LBS Simpuruik 1

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada *Bus* LBS Simpuruik 1 maka Gardu Hubung Kota berada dalam posisi off, dari *Bus* LBS Simpuruik 1 akan mengeluarkan indikasi gangguan, Sehingga Bus LBS Simpuruik 1 sampai Gardu Hubung Kota dalam keadaan padam jaringan.

Tabel 4.1.3.1.c Gangguan pada bus LBS Simpuruik 1.

NO	LOKASI GANGGUAN	TIME	ID	IF (kA)	T1 (ms)	Condition
1	LBS SIMPURUIK 1	195	OUT_FKO TA_CB10	1,174	195	Phase-0C1-51
		633	INC_GHBTS	1,174	633	Phase-0C1-51
		759	OUT_F1_GIBTS	1,174	759	Phase-0C1-51
		13758	OUT_TD1_GIBTS	1,174	13758	Phase-0C1-51

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada saat terjadinya gangguan pada bus LBS Simpuruik 1 akan mengeluarkan indikasi arus gangguan di *Out Going Feeder* Kota sebesar 1,174 kA dengan waktu 192 ms. Gangguan akan terdeteksi pada *Incoming Feeder* Kota, *Out Going Feeder* 1 Gardu Induk Batusangkar .

d. Gangguan pada Bus Gardu Hubung Kota

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada Gardu Hubung Kota, maka *Out* Trafo Daya 1 berada dalam posisi off, dari Bus GH Kota akan mengeluarkan indikasi gangguan, Sehingga Bus Gardu Hubung Kota sampai *Out* Trafo Daya 1 dalam keadaan padam jaringan.

Tabel 4.1.3.1.d Gangguan pada Bus Gardu Hubung Kota.

NO	LOKASI GANGGUAN	TIME	ID	IF (kA)	T1 (ms)	Condition
1	GH KOTA	100	INC_GHBTS	2,107	100	Phase-0C1-51
		528	OUT_F1_GIBTS	2,107	528	Phase-0C1-51
		2827	OUT_TD1_GIBTS	2,107	2827	Phase-0C1-51

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada saat terjadinya gangguan pada Bus Gardu Hubung Kota akan mengeluarkan indikasi arus gangguan di Recloser Jorong 2 sebesar 2,107 kA dengan waktu 100 ms. Gangguan akan terdeteksi pada Incoming Gardu Hubung Kota, Out Going Feeder 1.

4.1.3.2 Simulasi Gangguan Star Protektive kondisi *Looping* Jaringan

a. Gangguan pada *Bus* Jorong 2

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada Bus Jorong 2 maka Recloser Jorong 2 berada dalam posisi off, maka LBS Simpurut akan berada dalam posisi *close*, Sehingga *Bus* Jorong 2 sampai *Recloser* Jorong 2 dalam keadaan hidup jaringan, proses ini dinamakan *looping*.

Tabel 4.1.3.2.a Gangguan pada *Bus* Jorong 2

NO	LOKASI GANGGUAN	TIME	ID	IF(kA)	T1 (ms)	Condition
1	BUS JORONG 2	19,2	RECLOSER_JR2	3.091	19,2	Phase-0C1-51
		280	OUT_F4_GIBTS	3.091	280	Phase-0C1-51
		1138	INC_TD2_GIBTS	3.091	1138	Phase-0C1-51

Dari Tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada saat terjadinya gangguan pada Bus Jorong 2 akan mengeluarkan indikasi arus gangguan di Recloser Jorong 2 sebesar 3,091 kA dengan waktu 19,2 ms. Gangguan akan terdeteksi pada Recloser Jorong 2, Out Going Feeder 4 Sungayang dan Incoming Feeder 4 Sungayang. Gangguan ini terdapat di ujung jaringan.

b. Gangguan pada *Bus* LBS Simpuruik 2

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada Simpuruik 2 maka PMT berada dalam posisi off sampai Recloser Jorong 2, maka LBS Simpurut akan berada dalam posisi *close*, Sehingga

Bus LBS Simpuruik 2 sampai *Recloser* Jorong 2 dalam keadaan hidup jaringan , proses ini dinamakan *looping*.

Tabel 4.1.3.2.b gangguan pada *Bus* LBS Simpuruik 2.

NO	LOKASI GANGGUAN	TIME	ID	IF(kA)	T1 (ms)	Condition
1	LBS SIMPURUIK 2	19,2	RECLOSER_JR2	3.091	19,2	Phase-0C1-51
		280	OUT_F4_GIBTS	3.091	280	Phase-0C1-51
		1138	INC_TD2_GIBTS	3.091	1138	Phase-0C1-51

Dari Tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada saat terjadinya gangguan pada LBS Simpuruik 2 akan mengeluarkan indikasi arus gangguan di *Recloser* Jorong 2 sebesar 3,091 kA dengan waktu 19,2 ms. Gangguan akan terdeteksi pada *Recloser* Jorong 2, *Out Going* feeder 4 Sungayang dan *Incoming Feeder* 4 Sungayang. Gangguan ini terdapat di ujung jaringan

c. Gangguan pada *Bus* LBS Simpuruik 1

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada Bus LBS Simpuruik 1 maka GH Kota berada dalam posisi off, maka LBS Simpuruik 1 akan berada dalam posisi close, Sehingga Bus LBS Simpuruik 1 sampai GH Kota dalam keadaan hidup jaringan, proses ini dinamakan *looping*.

Tabel 4.1.3.2.c Bus LBS Simpuruik 1

NO	LOKASI GANGGUAN	TIM E	ID	IF (kA)	T1 (ms)	Condition
1	LBS SIMPURUIK 1	195	OUT_F KOTA_CB1	1,174	195	Phase-0C1-51
		633	INC_GHBTS	1,174	633	Phase-0C1-51
		759	OUT_F1_GI BTS	1,174	759	Phase-0C1-51
		13758	OUT_TD1_GIBTS	1,174	13758	Phase-0C1-51

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada saat terjadinya gangguan pada bus LBS Simpuruik 1 akan mengeluarkan indikasi arus gangguan di *Out Going Feeder* Kota sebesar 1,174 kA dengan waktu 192 ms. Gangguan akan terdeteksi pada *Incoming Feeder* Kota, *Out Going Feeder* 1 Gardu Induk Batusangkar

d. Gangguan pada Bus GH Kota

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada Gardu Hubung Kota, maka Out Trafo Daya 1 berada dalam posisi off, maka LBS Simpurut akan berada dalam posisi close, Sehingga Bus Gardu Hubung Kota sampai Out Trafo Daya 1 dalam keadaan hidup jaringan , proses ini dinamakan *looping*.

Tabel 4.1.3.2.d gangguan pada *Bus Gardu* Hubung Kota

NO	LOKASI GANGGUAN	TIME	ID	IF(kA)	T1 (ms)	Condition
1	GH KOTA	100	INC_GHBTS	2,107	100	Phase-0C1-51
		528	OUT_F1_GIBTS	2,107	528	Phase-0C1-51
		2827	OUT_TD1_GIBTS	2,107	2827	Phase-0C1-51

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa pada saat terjadinya gangguan pada Bus Gardu Hubung Kota akan mengeluarkan indikasi arus gangguan di Recloser Jorong 2 sebesar 2,107 kA dengan waktu 100 ms. Gangguan akan terdeteksi pada Incoming Gardu Hubung Kota, Out Going Feeder 1.

4.2 PEMBAHASAN

4.2.1 Kontribusi Arus Gangguan *Bus* Jorong 2 (Feeder 4 Sungayang)

Hasil dari simulasi 1 setting relay tanpa penambahan pembangkit di dapatkan arus dari grid sebagai sumber pembangkit sebesar 30 kA. Gangguan yang diberikan pada *Bus* Jorong 2 dengan kontribusi gangguan 3,091 kA. Hasil gangguan yang diberikan pada *Bus* Jorong 2 dengan kontribusi gangguan 3,091 kA, maka dihasilkan waktu trip grid 19,2 ms (*RECLOSER JORONG 2*).

4.2.2 Kontribusi Arus Gangguan *Bus* LBS Simpuruik 2 (Feeder 4 Sungayang)

Hasil dari simulasi 1 setting relay tanpa penambahan pembangkit di dapatkan arus dari grid sebagai sumber pembangkit sebesar 30 kA. Gangguan yang diberikan pada *Bus* LBS Simpuruik 2 dengan kontribusi gangguan 1,432 kA. Hasil gangguan yang diberikan pada *Bus* LBS Simpuruik 2 dengan kontribusi gangguan 1,432 kA, maka dihasilkan waktu trip grid 413 ms (*RECLOSER JORONG 2*).

4.2.3 Kontribusi Arus Gangguan *Bus* GH Kota (Feeder Kota)

Hasil dari simulasi 1 setting relay tanpa penambahan pembangkit di dapatkan arus dari grid sebagai sumber pembangkit sebesar 30 kA. Gangguan yang diberikan pada *Bus* GH Kota dengan kontribusi gangguan 2,107 kA. Hasil gangguan yang diberikan pada *Bus* GH Kota dengan kontribusi gangguan 2,107 kA, maka dihasilkan waktu trip grid 100 ms (INC GHBTS).

4.2.4 Kontribusi Arus Gangguan *Bus* LBSM Simpuruik 1 (Feeder Kota)

Hasil dari simulasi 1 setting relay tanpa penambahan pembangkit di dapatkan arus dari grid sebagai sumber pembangkit sebesar 30 kA. Gangguan yang diberikan pada *Bus* Jorong 2 dengan kontribusi gangguan 1,174 kA. Hasil gangguan yang diberikan pada *Bus* Jorong 2 dengan kontribusi gangguan 1,174 kA, maka dihasilkan waktu Trip Grid 195 ms (OUT FEEDER KOTA).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem kinerja *Ground Fault Relay* mengambil data dari Gardu Induk Batusangkar dan ULP Batusangkar dengan menggunakan *software* ETAP 12.60 dimana *ground fault relay* akan memberikan perintah trip ke CB (*circuit breaker*).
2. Pada simulasi 1 sumber pembangkit dari grid, kinerja relay proteksi sangat baik dengan memberi perintah trip dengan arus gangguan pada Bus Jorong 2 dengan arus gangguan sebesar 3,5 kA.
3. Pada simulasi 2 sumber pembangkit dari grid, kinerja relay proteksi sangat baik dengan memberi perintah trip dengan arus gangguan pada LBSM Simpuri 2 dengan arus gangguan sebesar 1,6 kA.
4. Pada simulasi 3 sumber pembangkit dari grid, kinerja relay proteksi sangat baik dengan memberi perintah trip dengan arus gangguan pada GH Kota dengan arus gangguan sebesar 3,5 kA.
5. Pada simulasi 4 sumber pembangkit dari grid, kinerja relay proteksi sangat baik dengan memberi perintah trip dengan arus gangguan pada LBSM Simpuri 1 dengan arus gangguan sebesar 1,3 kA.
6. Pada saat terjadi gangguan pada *bus* Jorong 2 maka Recloser akan mengeluarkan indikasi, sehingga LBSM Simpuri dalam keadaan close begitupun sebaliknya karena bias dalam keadaan *Looping* Jaringan.

5.2 Saran

1. Untuk menjaga sistem agar selalu pada kondisi aman dan baik, maka perlu dilakukan perawatan pada sistem agar dapat bekerja dengan optimal.
2. Selalu melakukan perawatan jaringan secara berkala supaya sistem bekerja secara baik tanpa ada kendala yang berarti.
3. Sosialisasi terhadap sumber daya manusia mengenai keandalan sistem perlu lebih di tingkatkan agar lebih cekatan dalam mengisolasi *emergency* yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Gusti Putra Arka, “Analisis Arus Hubung Singkat Pada Penyulang 20 kV Dengan Over Current Relaiy Dan Ground Fault Relay,” 2016.
- [2] Bagus Wardoyo, “Rele Gangguan Tanah Pada Jaringan Distribusi ” 2018.
- [3] F. Ami, C. Red, and A. P. Damastuti, “Pembangkit Listrik Tenaga ,” pp. 8–10.
- [4] I Nengah Sunaya, “Analisis Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault relay Terhadap Keandalan Sistem” 2020
- [5] Muhammad Iqbal Kharisma, “Analisis Setting Ground Fault Relay (GFR) Terhadap Sistem Pentanahan Netral Penyulang Pandelamper 06 JTM 20 KV Semarang” 2016
- [6] W. N. Rumbaman, H. Purnama, and K. Kunci, “Studi Koordinasi Proteksi Recloser Fuse Pada Jaringan IEEE 34 Node Menggunakan ETAP,” *Pros. 12th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 4–5, 2021.
- [7] K. Proteksi and A. Pemasangan, *Protection Coordination due to distributed generators installation on the radial distribution system in Nusa Penida Bali*. 2016.
- [8] Barker, Philip P, “Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems: Part 1 - Radial Distribution Systems”, 12. IEEE. Retrieved 02 16, 2011, from IEEE
- [9] Hebatallah Mohamed Sharaf, H.H. Zeineldin, Doaa Khalil Ibrahim, Essam El Din Abo El Zahab. Protection Coordination of Directional Overcurrent Relays Considering Fault Current Direction. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, October 2014.
- [10] Pudensia Tears, Analisis Aliran Beban pada Universitas Negeri Semarang, Tugas Akhir (tidak dipublikasikan), Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang. 2007

LAMPIRAN

1. Bus Gardu Hubung Kota

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase fault at bus: **GH KOTA**

Nominal kV = 20.000
 Voltage c Factor = 1.10 (User-Defined)
 Peak Value = 4.639 kA Method C
 Steady State = 2.336 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
GH KOTA	Total	0.00	0.696	-2.230	3.2	2.336
LBSM_SIMPURUIK_1	GH KOTA	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
Bus TD2	GH KOTA	70.17	0.696	-2.230	3.2	2.336

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	2.336	2.644	1.239
0.02	2.336	2.382	0.465
0.03	2.336	2.342	0.174
0.04	2.336	2.337	0.065
0.05	2.336	2.336	0.025
0.06	2.336	2.336	0.009
0.07	2.336	2.336	0.003
0.08	2.336	2.336	0.001
0.09	2.336	2.336	0.000
0.10	2.336	2.336	0.000
0.15	2.336	2.336	0.000
0.20	2.336	2.336	0.000
0.25	2.336	2.336	0.000
0.30	2.336	2.336	0.000

2. Bus LBSM Simpuruik

3-Phase fault at bus: **LBSM_SIMPURUIK_2**

Nominal kV = 20.000
 Voltage c Factor = 1.10 (User-Defined)
 Peak Value = 2.836 kA Method C
 Steady State = 1.589 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
LBSM_SIMPURUIK_2	Total	0.00	0.672	-1.440	2.1	1.589
JORONG 2	LBSM_SIMPURUIK_2	55.92	0.672	-1.440	2.1	1.589

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	1.589	1.672	0.519
0.02	1.589	1.594	0.120
0.03	1.589	1.589	0.028
0.04	1.589	1.589	0.006
0.05	1.589	1.589	0.001
0.06	1.589	1.589	0.000
0.07	1.589	1.589	0.000
0.08	1.589	1.589	0.000
0.09	1.589	1.589	0.000
0.10	1.589	1.589	0.000
0.15	1.589	1.589	0.000
0.20	1.589	1.589	0.000
0.25	1.589	1.589	0.000
0.30	1.589	1.589	0.000

3. Bus Jorong 2

3-Phase fault at bus: **JORONG 2**

Nominal kV = 20.000
 Voltage c Factor = 1.10 (User-Defined)
 Peak Value = 7.374 kA Method C
 Steady State = 3.467 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
JORONG 2	Total	0.00	0.794	-3.375	4.3	3.467
BUS TD1	JORONG 2	33.27	0.794	-3.375	4.3	3.467
LBSM_SIMPURUIK_2	JORONG 2	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	3.467	4.184	2.342
0.02	3.467	3.643	1.119
0.03	3.467	3.508	0.534
0.04	3.467	3.476	0.255
0.05	3.467	3.469	0.122
0.06	3.467	3.467	0.058
0.07	3.467	3.467	0.028
0.08	3.467	3.467	0.013
0.09	3.467	3.467	0.006
0.10	3.467	3.467	0.003
0.15	3.467	3.467	0.000
0.20	3.467	3.467	0.000
0.25	3.467	3.467	0.000
0.30	3.467	3.467	0.000

4. Bus LBSM Simpuruik 1

3-Phase fault at bus: **LBSM_SIMPURUIK_1**

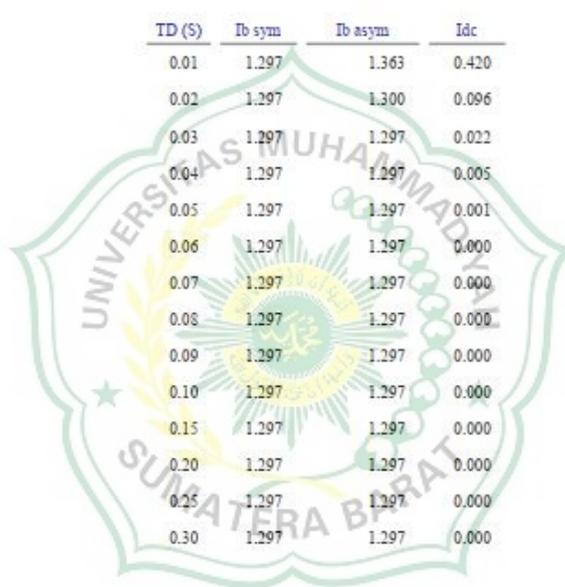
Nominal kV = 20.000
 Voltage c Factor = 1.10 (User-Defined)
 Peak Value = 2.310 kA Method C
 Steady State = 1.297 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
LBSM_SIMPURUIK_1	Total	0.00	0.551	-1.174	2.1	1.297
GH KOTA	LBSM_SIMPURUIK_1	45.63	0.551	-1.174	2.1	1.297

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	1.297	1.363	0.420
0.02	1.297	1.300	0.096
0.03	1.297	1.297	0.022
0.04	1.297	1.297	0.005
0.05	1.297	1.297	0.001
0.06	1.297	1.297	0.000
0.07	1.297	1.297	0.000
0.08	1.297	1.297	0.000
0.09	1.297	1.297	0.000
0.10	1.297	1.297	0.000
0.15	1.297	1.297	0.000
0.20	1.297	1.297	0.000
0.25	1.297	1.297	0.000
0.30	1.297	1.297	0.000



5. DATA SETTING RELAI GARDU INDUK BATUSANGKAR

URAIAN	INCOMING TD #1 30 MVA	SPARE	F.2 LIMO KAUM	F.3 SUNGAI TARAB	F.4 SUNGAYANG	SPARE	INCOMING TD #2 20 MVA	F.1 GH KOTA BATUSANGKAR								
MERKE	ALSTOM	ARTEC	ARTEC	ARTEC	ARTEC	ARTEC	SCHNEIDER	SCHNEIDER								
TIPE	MICOM P141	AQ-F213D	AQ-F213D	AQ-F213D	AQ-F213D	AQ-F213D	MICOM P142	MICOM P142								
ARUS	5 A	5 A	5 A	5 A	5 A	5 A	5 A	5 A								
NO SERI	32271215/09/12		1803006407	1803006441	1803006422		39576532/08/16	39576528/08/16								
RATIO CT	1200/5 A	300/5 A	300/5 A	300/5 A	300/5 A	300/5 A	1000/5 A	400/5 A								
TAP CT	1200	300	300	300	300	300	1000	400								
OCR	0.84	1008	1	300	0.9	270	1	300	0.64	640	0.75	300				
TMS OCR	0.3		0.15		0.1		0.15		0.15							
KURVA OCR	IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI			IEC - SI				
OCR INSTANT	0	8	2400	6.3	1890	7.5	2250	6	1800	6	1800	4	4000	6	2400	
DELAY OCR INSTANT	s	0.1	s	0.05	s	0.05	s	0.05	s	0.1	s	0.15	s	0.1	s	
KURVA OCR INSTANT	BLOK		DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE		BLOK		DEFINITE	
GFR	0.11	132	0.1	30	0.1	30	0.1	30	0.09	27	0.1	30	0.1	100	0.075	30
TMS GFR	0.27		0.1		0.1		0.1		0.1		s		0.23		0.1	
KURVA GFR	IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI	
GFR INSTANT	0	0.9	270	0.9	270	0.45	135	0.9	270	0.8	240	0.26	260	0.68	272	
DELAY GFR INSTANT	s	0.1	s	0.05	s	0.05	s	0.05	s	0.1	s	0.15	s	0.1	s	
KURVA GFR INSTANT	BLOK		DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE		BLOK		DEFINITE	
TGL UPDATE	04-Mar-20		04-Mar-20		04-Mar-20		04-Mar-20		04-Mar-20		04-Mar-20		04-Mar-20		04-Mar-20	

6. DATA SETTING RELAI GARDU HUBUNG BATUSANGKAR

URAIAN	F.1 GH KOTA BATUSANGKAR	INCOMING	SIKALADI	KOTA				
MERKE	SCHNEIDER	SCHNEIDER	SCHNEIDER	SCHNEIDER				
TIPE	MICOM P142	MICOM P127	MICOM P127	MICOM P127				
ARUS	5 A	5 A	5 A	5 A				
NO SERI	39576528/08/16	39726809/02/20	39726789/02/20	39726899/02/20				
RATIO CT	400/5 A	300-600/5 A	300-600/5 A	300-600/5 A				
TAP CT	400	300	300	300				
OCR	0.75	300	1	300	0.67	201		
TMS OCR	0.15		0.125		0.05			
KURVA OCR	IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI			
OCR INSTANT	6	2400	6.6	1980	4	1200	4	1200
DELAY OCR INSTANT	0.1	s	0.1		0.05	s	0	s
KURVA OCR INSTANT	DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE	
GFR	0.075	30	0.1	30	0.09	27	0.07	21
TMS GFR	0.1		0.1		0.05		0.05	
KURVA GFR	IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI		IEC - SI	
GFR INSTANT	0.68	272	0.94	282	0.6	180	0.6	180
DELAY GFR INSTANT	0.1	s	0.1		0.05	s	0.05	s
KURVA GFR INSTANT	DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE		DEFINITE	
UPDATE	04-Mar-20		11-Jun-20		11-Jun-20		11-Jun-20	