

**ANALISA KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH PADA
FEERDER BAY TRAFODAYA 2 DI PT.PLN GIS LISTRIK
MENGUNAKAN ETAP 16.0.0**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH:

MUHAMMAD FIQRI

17.812.0036



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 4/7/23

Access From (repository.uma.ac.id)4/7/23

**ANALISIS KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH PADA FEEDER
BAY TRAFODAYA 2 DI PT. PLN GIS LISTRIK
MENGUNAKAN ETAP 16.0.0**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

OLEH :

MUHAMMAD FIQRI

17.812.0036

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 4/7/23

Access From (repository.uma.ac.id)4/7/23

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Koordinasi Relay Arus Lebih Pada Feeder Bay
Trafo Daya 2 Di PT. PLN GIS Listrik Menggunakan
ETAP 16.0.0

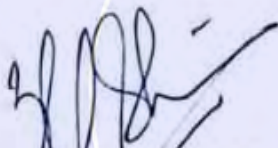
Nama : Muhammad Fiqri

NPM : 17.812.0036

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh :

Komisi Pembimbing



Ir. Zulkifli Bahri, MT

Pembimbing I



Ir. Habib Satria, MT, IPP

Pembimbing II

Mengetahui



Dr. Rahmat Syah, S. Kom, M. Kom

Dekan



Ir. Habib Satria, MT, IPP

Ketua Program Studi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam skripsi ini yang saya kutip dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 6 Februari 2023



Muhammad Fiqri

178120036

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan
dibawah ini:

Nama : Muhammad Fiqri
NPM : 178120036
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/ Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan
kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Exclusive
Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisis Koordinasi Relay Arus Lebih Pada Feeder Bay Trafo Daya 2 Di PT.PLN
GIS Listrik Menggunakan Etap 16.0.0”. Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini
Universitas Medan Area berhak menyimpan mengalih media/format-kan, mengolah
dalam bentuk pangkalan data (*database*) merawat dan mempublikasikan tugas akhir
selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik
Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 6 Februari 2023


10000
METRAJ
TEAPEL
C02A8AKX343032000
TI
Muhammad Fiqri

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

ABSTRAK

Pada jaringan distribusi tenaga listrik sering terjadi gangguan hubung singkat yang menyebabkan arus lebih sehingga mengganggu proses penyaluran energi listrik dan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang berada pada jaringan distribusi apabila tidak diatasi dengan cepat. Oleh karena itu dibutuhkan sistem proteksi yang dapat mengisolir gangguan yang terjadi, dan juga perlu adanya koordinasi pada sistem proteksi agar gangguan yang lebih selektif dalam mengisolir gangguan arus lebih tersebut. Pada PT.PLN Gis Listrik menggunakan relay arus lebih sebagai proteksi saat adanya gangguan arus lebih pada *feeder*, relay tersebut di koordinasi pada sisi *incoming* dan *outgoing* agar dapat selektif dalam mengisolir gangguan hubung singkat yang terjadi. Pada Gis Listrik waktu tunda relay sisi *incoming* selama 0,25 detik dan sisi *outgoing* selama 0,14 detik. Dari tunda waktu yang terjadi pada sisi *incoming* dan *outgoing* setelah dilakukan analisis dan perhitungan manual serta simulasi menggunakan Etap 16.0.0 memiliki selisih waktu yang tidak jauh berbeda yaitu pada sisi *incoming* selama 0,62 detik dan *outgoing* 0,29 detik. Pada kondisi tersebut tunda waktu yang di dapat pada perhitungan manual dikategorikan normal.

Kata kunci : *Arus gangguan hubung singkat, Koordinasi OCR, Etap 16.0.0.*

ABSTRACT

In the power distribution network, short circuit disturbances often occur which cause overcurrents that interfere with the process of distributing electrical energy and can cause damage to electrical equipment in the distribution network if not resolved quickly. Therefore, a protection system is needed that can isolate the disturbance that occurs, and also needs coordination on the protection system so that the disturbance is more selective in isolating the overcurrent disturbance. At PT PLN Gis Listrik uses an overcurrent relay as protection when there is an overcurrent fault on the feeder, the relay is coordinated on the incoming and outgoing sides so that it can be selective in isolating the short circuit fault that occurs. In Gis Listrik, the delay time of the incoming side relay is 0.25 seconds and the outgoing side is 0.14 seconds. From the time delay that occurs on the incoming and outgoing sides after analysis and manual calculation and simulation using Etap 16.0.0 has a time difference that is not much different, namely on the incoming side for 0.62 seconds and outgoing 0.29 seconds. In these conditions, the time delay obtained in manual calculations is categorized as normal.

Keywords: Short circuit fault current, Ocr Coordination, Etap 16.0.0.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil alamin segala puji syukur selalu kita lafaskan kehadiran ALLAH Subhana wata'ala yang telah memberikan kita nikmat iman, ilmu dan ihsan sehingga kita dapat menjalani kehidupan duniawi ini dengan sebaik – baiknya untuk mengharapkan ridha ALLAH Subhana wata'ala yang berguna di akhirat yang kekal nanti. Dan atas nikmat demikianlah kita masih dapat menjalankan aktivitas dengan sebaik – baiknya.

Adapun judul yang saya angkat dalam memenuhi tugas akhir ini yakni “Analisis Koordinasi Relay Arus Lebih Pada *Feeder* Bay Trafo Daya 2 Di PT. PLN GIS Listrik Menggunakan ETAP 16.0.0” skripsi ini disusun untuk menjadi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan Strata-1 Program Studi Teknik Elektro Universitas Medan Area.

Pada proses penulisan ini terdapat banyak sekali dan dukungan yang penulis dapatkan baik berupa dukungan moral, moril dan do'a, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Allah Subhana wata'ala yang telah memberikan Kesehatan, baik itu kesehatan jasmani maupun kesehatan rohani sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
2. Almarhumah Ibu Zuraidah selaku ibunda tercinta, dan Bapak Adi Winarto selaku ayahanda tercinta yang telah membimbing, mendidik, memotivasi, dan mendo'akan penulis dengan cinta kasih dan sayang. Karena merekalah skripsi ini dapat terselesaikan dan berkat kasih sayang serta pengorbanan merekalah penulis

dapat menyelesaikan pendidikan dan Program Sarjana (S1) Di Universitas Medan Area.

3. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M. Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
4. Bapak Dr. Rahmad Syah, S. Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. Zulkifli Bahri, MT selaku dosen pembimbing 1 saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu saya hingga selesai.
6. Bapak Ir. Habib Satria, MT, IPP. selaku pembimbing 2 saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan juga selaku kaprodi program studi Teknik elektro yang telah membimbing serta memberikan ide – idenya kepada saya.
7. Kepada bapak/ibu jajaran dosen yang telah mengajarkan saya selama menduduki bangku perkuliahan, dan juga staf fakultas Teknik yang membantu memberikan informasi terkait perkuliahan.
8. Kepada Muhammad Afandi dan Rizky Silvia selaku abang dan kakak saya yang terus memberikan doa dan dorongan baik moral maupun materil.
9. Kepada Ibu Yusrah Lubis beserta suami, Ibu Maimunah Lubis, dan Ibu Latifah Hanum Lubis selaku bibi dan paman saya yang terus memberikan doa dan semangat.
10. Kepada Auliya Syahira Purba selaku teman istimewa yang turut membantu saya dalam mengerjakan skripsi ini dengan memberikan bantuan moril, materil, waktu dan pengetahuanya.

11. Kepada teman – teman seangkatan yang turut membantu saya selama masa perkuliahan sampai selesai khususnya saudara Ahmad Rezki, Vivian, Mangara, Alvian, Ghafar, Aditya, Ija dan lainnya.
12. Serta semua pihak yang turut membantu menyelesaikan skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Aamiin.

Akhir kata semoga apa yang terkandung dalam skripsi ini dapat bermanfaat serta dapat menjadi referensi dalam lingkup pengembangan ilmu kedepan. Semoga Allah SWT selalu mencurahkan kebaikan serta kasih sayang-Nya kepada seluruh pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi dan pendidikan ini.

Medan, 2023

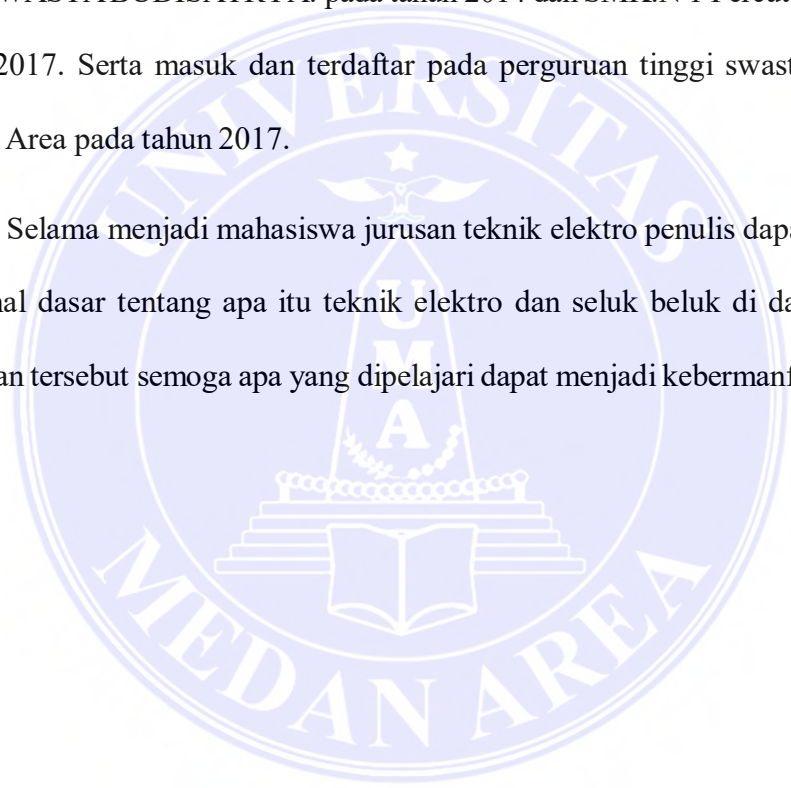
Muhammad Fiqri

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 04 September 1999 dari Ibu Zuraidah Lubis, ayah yang bernama Adi Winarto dan, penulis ialah putra bungsu dari 3 bersaudara.

Menyelesaikan sekolah dasar di SDN.106808 Medan Estate pada tahun 2011, SMP SWASTA BUDISATRYA. pada tahun 2014 dan SMK.N 1 Percut Sei Tuan pada tahun 2017. Serta masuk dan terdaftar pada perguruan tinggi swasta Universitas Medan Area pada tahun 2017.

Selama menjadi mahasiswa jurusan teknik elektro penulis dapat mengetahui hal – hal dasar tentang apa itu teknik elektro dan seluk beluk di dalamnya. Dari pelajaran tersebut semoga apa yang dipelajari dapat menjadi kebermanfaatan.



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan	2
1.2.1 Rumusan Masalah	2
1.2.2 Batasan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Penelitian	4
1.3.2 Manfaat Penelitian	4
1.3.3 Metode Penelitian.....	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Dasar Sistem Tenaga Listrik	8
2.2 Persyaratan Kualitas Sistem Proteksi	9
2.3 Peralatan Pada Feeder Bay Trafo Daya 2.....	13
2.3.1 Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT).....	14
2.3.2 Trafo Arus / Current Transformer (CT).....	14
2.3.3 Transformator Tenaga	16
2.3.4 Kubikel	24
2.4 Gangguan Pada Transformator	25
2.5 Gangguan Pada Saluran Distribusi Tenaga Listrik	27
2.5.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	27

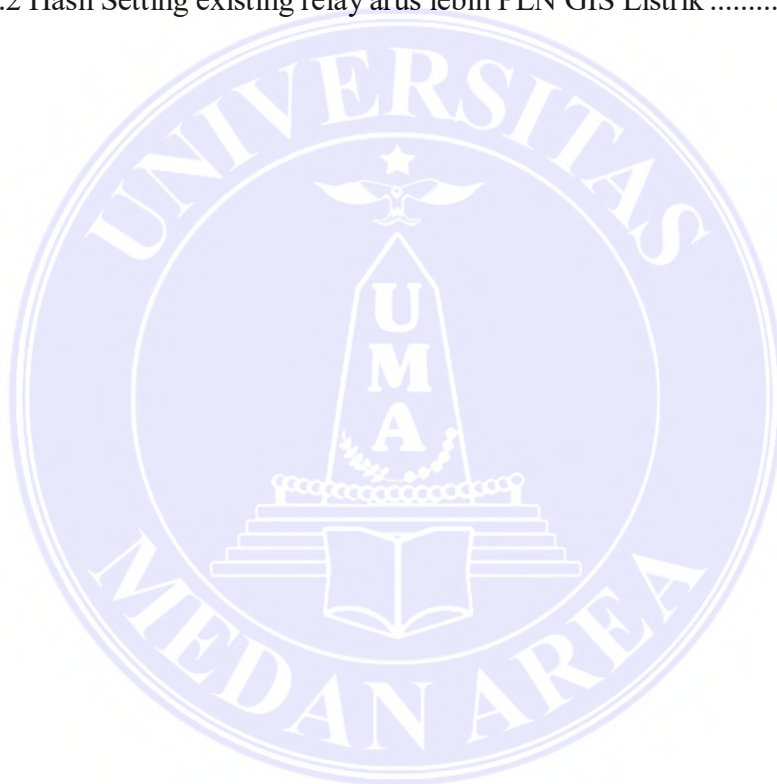
2.5.2	Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa.....	28
2.5.3	Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	29
2.6	Koordinasi Relay	29
2.6.1	Menghitung Impedansi	31
2.6.2	Penyetelan Relay Arus Lebih.....	33
2.6.3	Setting Relai Sisi Incoming.....	35
2.7	Pola Koordinasi	36
2.8	ETAP 16.0.0	37
BAB III.....		40
METODOLOGI PENELITIAN.....		40
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	40
3.2	Alat dan Bahan.....	40
3.3	Diagram Alir	41
3.4	Tahapan Penelitian	42
3.4.1	Membuat Program Simulasi Etap 16.0.0	42
3.4.2	Perencanaan Penelitian.....	44
3.4.3	Survey dan Pengambilan Data Lapangan.....	45
3.5	Menggambar Single line diagram menggunakan etap 16.0.0	50
BAB IV		52
HASIL DAN PEMBAHASAN		52
4.1	Hasil Perhitungan Impedansi Sumber, Impedansi Penyulang dan Arus Gangguan Hubung Singkat.....	52
4.1.1	Perhitungan Impedansi Sumber	52
4.1.2	Perhitungan Impedansi Penyulang.....	54
4.1.3	Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat.....	55
4.2	Hasil Analisis Simulasi Koordinasi Relay Arus Lebih	56
4.3	Koordinasi Relai Outgoing dan Incoming Trafo 5 GIS Pulogadung.....	63
4.4	Evaluasi Hasil Pengujian	64
BAB V.....		52
KESIMPULAN DAN SARAN		52
5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Zona Proteksi Tenaga Listrik	9
Gambar 2.2 <i>Single Line</i> Bay Trafo Daya 2	13
Gambar 2.3 Rangkaian Pada CT.....	15
Gambar 2.3 Kurva Kejenuhan CT Untuk Pengukuran dan Proteksi.....	16
Gambar 2.4 Prinsip Hukum Elektromagnetik.....	17
Gambar 2.5 Elektromagnetik Pada Trafo.....	18
Gambar 2.6 Rele Diferensial	19
Gambar 2.7 Gangguan di Luar Daerah Proteksi.....	20
Gambar 2.8 Gangguan di Dalam Daerah Proteksi.....	21
Gambar 2.9 Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Terbalik	22
Gambar 2.10 Rangkaian Pengawatan OCR.....	23
Gambar 2.11 Kubikel 20 kV	24
Gambar 2.12 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	28
Gambar 2.13 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa.....	28
Gambar 2.14 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.....	29
Gambar 2.15 Pola Koordinasi Kaskade.....	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	41
Gambar 3.2 tampilan awal membuat program dengan etap 16.0.0	42
Gambar 3.3 Tampilan <i>Form</i> Informasi Proyek Simulasi.....	43
Gambar 3.4 Tampilan Mengisi Informasi Projek, Informasi User dan Menu Bar dan Menu Tools Sudah Siap Digunakan	44
Gambar 3.4 Relay Arus Lebih merk Areva MiCom P122.....	46
Gambar 3.5 Hasil Gambar <i>Single Line Diagram</i> Trafo Daya PLN GIS Listrik.....	51
Gambar 4.1 spesifikasi tipe penghantar dan impedansinya	54
Gambar 4.2 hasil simulasi koordinasi proteksi	57
Gambar 4.3 Kurva standar invers relay arus lebih.....	58
Gambar 4.4 kurva <i>resetting</i> relay arus lebih	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data existing relay arus lebih incoming PLN GIS Listrik	46
Tabel 3.2 Data existing relay arus lebih outgoing PLN GIS Listrik	47
Tabel 3.3 Data beban dan spesifikasi sisi outgoing trafo daya 2.....	47
Tabel 3.4 Data Arus Hubung Singkat PLN GIS Listrik.....	49
Tabel 3.5 Spesifikasi Transformator Pada Trafo Daya 2	49
Tabel 4.1 Hasil Setting existing relay arus lebih PLN GIS Listrik	59
Tabel 4.2 Hasil Setting existing relay arus lebih PLN GIS Listrik	63



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data existing setting relay PLN GIS Listrik Medan	55
Lampiran 2. Data Arus Hubung Singkat PLN GIS Listrik Medan.....	55
Lampiran 3. Data spesifikasi trafo daya 2.....	56
Lampiran 4. Single Line Diagram PLN GIS Listrik Medan	57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi Tenaga listrik adalah suatu kebutuhan masyarakat yang sangat krusial serta menjadi sumber daya hemat paling primer yang diperlukan dalam berbagai aktivitas. pada waktu yang akan tiba kebutuhan listrik akan terus meningkat seiring dengan adanya peningkatan serta perkembangan baik dari jumlah penduduk, jumlah investasi, perkembangan teknologi termasuk didalamnya perkembangan dunia pendidikan untuk seluruh jenjang pendidikan. Semakin lama tidak ada satupun alat kebutuhan masyarakat yang tidak membutuhkan listrik, oleh karena itu masyarakat selalu berfikir bagaimana membentuk serta menggunakan tenaga listrik secara efektif dan efisien.

Untuk mendukung penyaluran energi listrik, PT. PLN sebagai salah satu instansi pemerintahan dibidang energi listrik harus lah memberikan sumbangsih energi listrik yang cukup untuk memenuhi kebutuhan, dan juga energi listrik yang bersih untuk lingkungan sekitar. Dalam hal ini PT. PLN mempunyai tugas dalam menjamin energi listrik yang akan disalurkan ke masyarakat. Untuk menjamin energi listrik yang handal dan baik untuk masyarakat diperlukan pemeliharaan salah satunya ialah dari sistem proteksi sistem penyaluran energi listrik.

PLN GIS listrik merupakan salah satu pusat pelayanan energi listrik untuk kota medan yang terletak di pusat kota medan. Kontribusi PLN GIS Listrik sangat besar

dalam menjamin tersalurannya energi listrik ke masyarakat, rumah sakit, perkantoran, instansi dan juga industri – industri yang terdapat di kota medan. Dalam sistem penyaluran energi listrik PLN GIS Listrik, bahwa sumber energi listrik pada PLN GIS listrik disalurkan dari gardu induk yang terdapat di Titi Kuning

Pada GIS saat ini sistem proteksi tenaga listrik yang digunakan bermacam jenisnya dan fungsinya, salah satunya ialah relay arus lebih, relay tersebut disandingkan dengan beberapa peralatan listrik lainnya untuk memberikan koordinasi proteksi pada peralatan listrik apabila terjadi gangguan arus lebih. Sehingga arus gangguan yang terjadi dapat diisolir dengan cepat dan mampu melindungi peralatan listrik lainnya sehingga energi listrik yang disalurkan terjamin dan tidak mengganggu aktivitas masyarakat.

Oleh karena itu, peneliti mengangkat masalah tersebut ke dalam sebuah skripsi dengan judul “**Analisa Koordinasi Relay Arus Lebih Pada Feeder Bay Trafo Daya 2 Di PT. PLN Gis Listrik Menggunakan Etap 16.0.0**”, dengan harapan hasil dari skripsi ini dapat dijadikan bahan referensi dalam meningkatkan kehandalan sistem proteksi transformator pada gardu induk.

1.2 Permasalahan

1.2.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dibahas sebagai berikut :

- a. Menganalisa koordinasi relay arus lebih pada feeder sisi incoming dan sisi outgoing, apakah bekerja dengan baik atau tidak ketika terjadi arus gangguan 3 fasa pada jaringan trafo daya 2 di PT. PLN Gis Listrik Menggunakan ETAP 16.0.0
- b. Menganalisa setting relay arus lebih pada outgoing dan incoming pada feeder bay trafo daya 2 di PT. PLN Gis Listrik Medan Menggunakan ETAP 16.0.0

1.2.2 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dari Skripsi ini, maka batasan masalah yang dibahas sebagai berikut :

- a. Analisis pola koordinasi relay arus lebih pada feeder bay trafo daya 2.
- b. Analisis gangguan arus lebih yang disebabkan short circuit dengan menggunakan ETAP 16.0.0.
- c. Pengujian pola koordinasi skema hubung singkat 3 fasa pada sisi outgoing feeder bay trafo daya 2 menggunakan ETAP 16.0.0

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui bahwa koordinasi relay arus lebih pada feeder bay trafo daya 2 berfungsi normal.
- b. Untuk menentukan setting relay arus lebih saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada feeder.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Mengamankan feeder dari kerusakan akibat gangguan arus lebih.
- b. Memastikan pengaman proteksi pada transformator bekerja dengan baik, khususnya relay OCR pada feeder.
- c. Sebagai bahan referensi bagi penelitian ataupun kasus gangguan ditempat lain yang berkaitan dengan pola keamanan pada sistem proteksi di feeder.

1.3.3 Metode Penelitian

Untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik maka dapat ditentukan beberapa metode diantaranya dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bagian ini menjelaskan Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan dan Manfaat serta Sistem Penulisan Skripsi ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini berisi tentang teori yang mendasari penulisan Skripsi ini. Teori ini didapat dari beberapa referensi yang digunakan untuk menyusun tulisan ini, bersumber dari buku dan situs pada website bisa menjadi referensi penulisan ini, dan beberapa catatan yang didapat selama kuliah.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan langkah yang diambil dalam penulisan Skripsi ini. Dimulai dengan studi literatur membuat perencanaan, metode penulisan, tahapan mengidentifikasi masalah. Studi lapangan dengan melakukan pengumpulan data serta studi bimbingan untuk penarikan kesimpulan untuk bahan diskusi dengan dosen pembimbing sebagai tahapan pemecahan masalah

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan perbandingan hasil simulasi koordinasi relay arus lebih dengan ETAP 16.0.0, dengan settingan arus pada pola cascade dengan data existing

PLN serta settingan dengan perhitungan manual. Untuk mengambil hasil dari pembahasan skripsi ini..

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi kesimpulan dari topik yang penulis bahas dan disertai saran yang bersifat membangun untuk mengembangkan topik ini dilain waktu.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang mendukung judul skripsi ini, adapun penelitian sebelumnya kebanyakan membahas rele proteksi dan koordinasi relenya pada transformator. Penelitian yang dimaksud digunakan sebagai acuan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

Erwin Dermawan dan Dimas Nugroho dalam penelitiannya yang berjudul: Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka yang terbit di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta, membahas tentang analisa koordinasi antara OCR dan GFR untuk meningkatkan kualitas kerja relay dengan kriteria nilai selektifitas yang tinggi dan meningkatkan performance relay. (Dermawan & Nugroho, n.d.)

Andri Laksono, Hermawan dan Agung Nugroho dalam penelitiannya yang berjudul: Evaluasi Koordinasi Proteksi Relay Arus Lebih Dan Relay Gangguan Tanah Pada Penyulang Kedonganan Dan Gardenia GI Nusa Dua Menggunakan Etap 12.6.0, membahas tentang evaluasi koordinasi proteksi Relay Arus Lebih dan Relay Gangguan Tanah penyulang Kedonganan dan Gardenia GI Nusa Dua menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0. (Laksono et al., 2018)

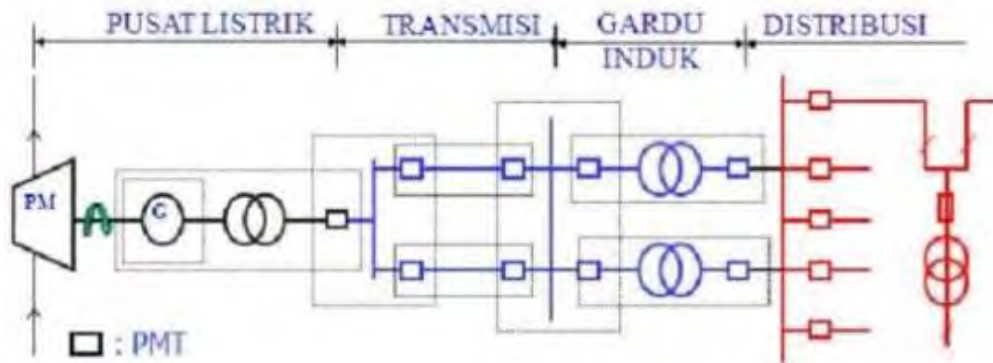
Teori pendukung diatas merupakan dasar penulis dalam menyusun skripsi ini. Teori pendukung diatas memiliki perbedaan dengan skripsi yang penulis susun dalam pembahasan koordinasi proteksi relay arus lebih. Pada teori pendukung

diatas, fokus pembahasan terletak pada prinsip kerja sistem proteksi dan relaynya secara umum, sedangkan fokus pembahasan skripsi penulis terletak pada pola keamanan, koordinasi relay, dan hasil simulasi relay pada etap 16.0.0.

2.1 Dasar Sistem Tenaga Listrik

Sebuah sistem tenaga listrik merupakan sebuah jaringan yang menyalurkan energi listrik ke konsumen yang terdiri atas beberapa unit yang terkoneksi mulai dari unit pembangkit, unit transmisi, dan unit distribusi. Setiap unit memiliki daerah masing dan peralatan utama yang berperan penting dalam menyalurkan energi listrik, seperti pada unit pembangkit akan terdapat generator dan transformator step up sebagai peralatan yang men-supply arus listrik, unit transmisi terdapat tower yang menjulang tinggi keatas untuk menyalurkan energi listrik bertegangan tinggi agar tidak membahayakan manusia atau pun makhluk hidup yang hidup di permukaan, sedangkan unit distribusi terdapat transformator step down yang merupakan unit terakhir yang bertugas dalam menyalurkan energi listrik kekonsumen.

Setiap unit yang terdapat peralatan listrik akan dipasangkan sistem proteksi yang dibatasi oleh *Circuit Breaker* atau PMT. Tiap daerah memiliki relay proteksi dan memiliki daerah proteksi masing-masing. Apabila terjadi gangguan, relay akan bekerja untuk mendeteksi gangguan yang terjadi dan kemudian menginstruksikan PMT untuk trip. Gambar 2.1 berikut ini dapat menjelaskan mengenai konsep pembagian daerah proteksi (*Zone of Protection*).



Gambar 2.4 Zona Proteksi Tenaga Listrik

Dari gambar 2.1 menjelaskan batasan-batasan jaringan tenaga listrik yang terdiri dari banyak peralatan yang berbeda jenis dan karakteristiknya, secara fisik diandai dengan *Circuit Breaker* atau Pemutus Tenaga (PMT). Di dalam pengaman sistem tenaga listrik, seluruh komponen harus diamankan dengan tetap menekankan selektivitas kerja peralatan peralatan/ relay pengaman. Untuk mencapai hal ini, system tenaga listrik dibagi menjadi daerah-daerah (zona) pengamanan.

2.2 Persyaratan Kualitas Sistem Proteksi

Secara umum sistem proteksi yaitu cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan. Sistem proteksi penyulang tegangan menengah ialah pengaman yang terdapat pada sel-sel tegangan menengah di gardu induk dan pengaman yang terdapat pada jaringan tegangan menengah, (N. P, Putra, H, Purnomo, dan T, Utomo, 2015)

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

a. Selektivitas

Efektivitas suatu sistem proteksi dapat dilihat dari kesanggupan sistem dalam mengisolir bagian yang mengalami gangguan saja.

b. Stabilitas

Sifat yang tetap inoperatif apabila gangguan-gangguan terjadi diluar zona yang melindungi (gangguan luar).

c. Kecepatan Operasi

Sifat ini lebih jelas, semakin lama arus gangguan terus mengalir, semakin besar kemungkinan kerusakan pada peralatan. Hal yang paling penting adalah perlunya membuka bagian-bagian yang terganggu sebelum generator-generator yang dihubungkan sinkron kehilangan sinkronisasi dengan sistem. Waktu pembebasan gangguan yang tipikal dalam sistem-sistem tegangan tinggi adalah 140 ms. Dimana dimasa mendatang waktu ini hendak dipersingkat menjadi 80 ms sehingga memerlukan relay dengan kecepatan yang sangat tinggi (*very high speed relaying*).

d. 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).

e. Pertimbangan Ekonomis

Dalam sistem distribusi aspek ekonomis hampir mengatasi aspek teknis, oleh karena jumlah feeder, trafo dan sebagainya yang begitu banyak, asal saja persyaratan keamanan yang pokok dipenuhi. Dalam suatu 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*).

f. Realiabilitas (keandalan)

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

g. Proteksi Pendukung

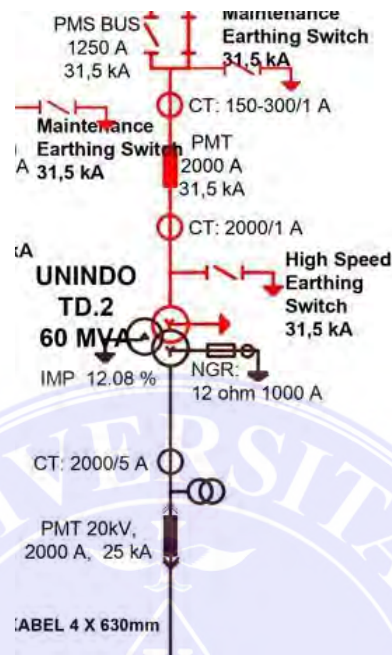
Proteksi pendukung (*back up*) merupakan susunan yang sepenuhnya terpisah dan yang bekerja untuk mengeluarkan bagian yang terganggu apabila proteksi utama tidak bekerja (*fail*). Sistem pendukung ini sedapat mungkin indenpenden seperti halnya proteksi utama, memiliki trafo-trafo dan rele-rele tersendiri. Seringkali hanya tripping CB dan trafo -trafo tegangan yang dimiliki bersama oleh keduanya. Tiap-tiap sistem proteksi utama melindungi suatu area atau zona sistem daya tertentu. Ada kemungkinan suatu daerah kecil diantara zona -zona yang berdekatan misalnya antara trafo-trafo arus dan *circuit breaker-circuit breaker* tidak

dilindungi. Dalam keadaan seperti ini sistem back up (yang dinamakan, remote back up) akan memberikan perlindungan karena berlapis dengan zona-zona utama.

Pada sistem distribusi aplikasi back up digunakan tidak seluas dalam sistem transmisi, cukup jika hanya mencakup titik-titik strategis saja. Remote back up akan bereaksi lambat dan biasanya memutus lebih banyak dari yang diperlukan untuk mengeluarkan bagian yang terganggu. Disamping itu, sistem proteksi yang diperlukan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Sekering atau circuit breaker harus sanggup dilalui arus nominal secara terus menerus tanpa pemanasan yang berlebihan (*overheating*).
2. *Overload* yang kecil pada selang waktu yang pendek seharusnya tidak menyebabkan peralatan bekerja.
3. Sistem Proteksi harus bekerja walaupun pada *overload* yang kecil tetapi cukup lama, sehingga dapat menyebabkan *overheating* pada rangkaian penghantar.
4. Sistem Proteksi harus membuka rangkaian sebelum kerusakan yang disebabkan oleh arus gangguan yang dapat terjadi.
5. Proteksi harus dapat melakukan “pemisahan” (*discriminative*) hanya pada rangkaian yang terganggu yang dipisahkan dari rangkaian yang lain yang tetap beroperasi.

2.3 Peralatan Pada Feeder Bay Trafo Daya 2



Gambar 2.5 Single Line Bay Trafo Daya 2

Pada gambar 2.2 bay trafo daya 2 memiliki material transmisi utama antara lain, Pemutus Tenaga (PMT), Trafo Arus/ *Current Transformer* (CT), Pemisah Tanah/ *Earthing Switch* (ES), Transformator, *Incoming*, dan *Out Going*/ Penyulang. Berikut dijelaskan pengertian dan fungsi dari masing-masing material transmisi utama, yaitu :

2.3.1 Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT)

Berdasarkan IEV (*International Electrotechnical Vocabulary*) 441-14-20 disebutkan bahwa *Circuit Breaker* (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar/switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat (short circuit).

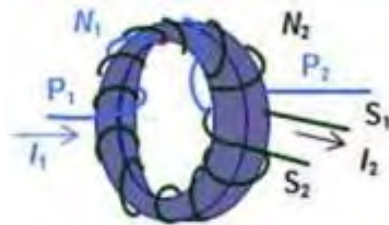
Sedangkan definisi PMT berdasarkan IEEE C37.100:1992 (*Standard definitions for power switchgear*) adalah merupakan peralatan saklar/ *switching* mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal sesuai dengan ratingnya serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/gangguan sesuai dengan ratingnya.

Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatann lain.

2.3.2 Trafo Arus / Current Transformer (CT)

Trafo Arus (*Current Transformator* - CT) yaitu peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada intalasi tenaga listrik disisi primer (TET, TT dan TM) yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran

arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi.



Gambar 2.3 Rangkaian Pada CT

Fungsi dari trafo arus adalah:

- a. Mengkonversi besaran arus pada sistem tenaga listrik dari besaran primer menjadi besaran sekunder untuk keperluan pengukuran sistem metering dan proteksi.
- b. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, sebagai pengamanan terhadap manusia atau operator yang melakukan pengukuran.
- c. Standarisasi besaran sekunder, untuk arus nominal 1 Amp dan 5 Amp

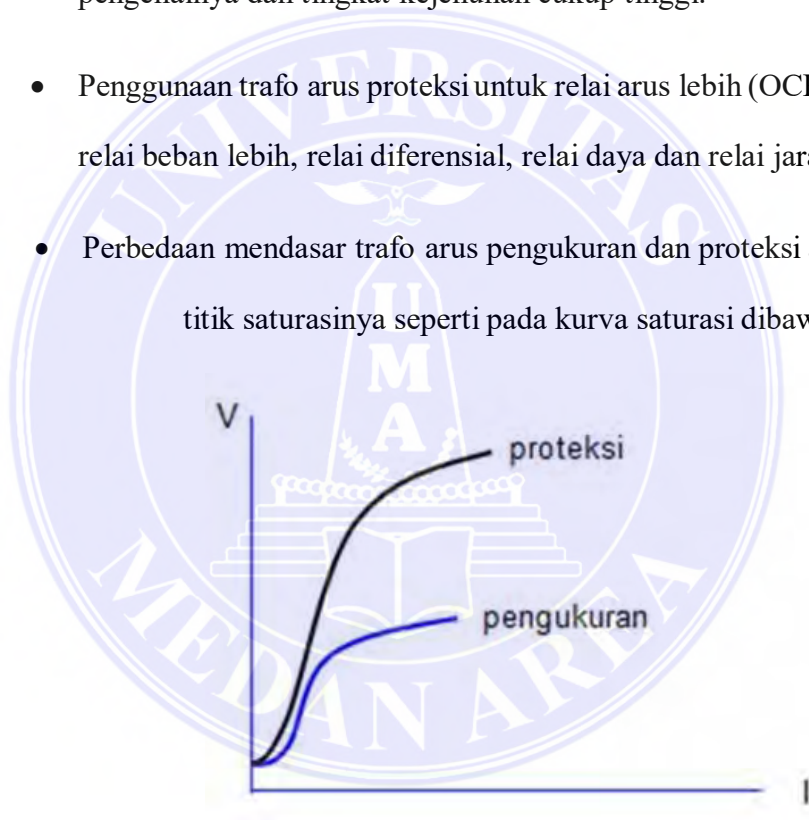
Secara fungsi trafo arus dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Trafo arus pengukuran
 - Trafo arus pengukuran untuk metering memiliki ketelitian tinggi pada daerah kerja (daerah pengenalnya) 5% - 120% arus nominalnya tergantung dari kelasnya dan tingkat kejenuhan yang relatif rendah dibandingkan trafo arus untuk proteksi.

- Penggunaan trafo arus pengukuran untuk Amperemeter, Watt-meter, VARh-meter, dan $\cos \phi$ meter.

b. Trafo arus proteksi

- Trafo arus untuk proteksi, memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan dimana arus yang mengalir beberapa kali dari arus pengenalnya dan tingkat kejenuhan cukup tinggi.
- Penggunaan trafo arus proteksi untuk relai arus lebih (OCR dan GFR), relai beban lebih, relai diferensial, relai daya dan relai jarak.
- Perbedaan mendasar trafo arus pengukuran dan proteksi adalah pada titik saturasinya seperti pada kurva saturasi dibawah.

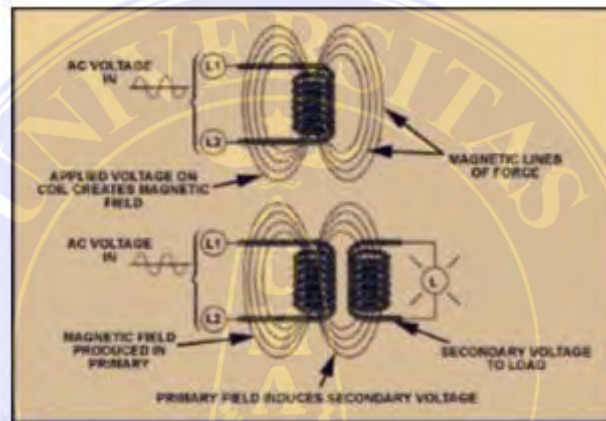


Gambar 2.6 Kurva Kejenuhan CT Untuk Pengukuran dan Proteksi

2.3.3 Transformator Tenaga

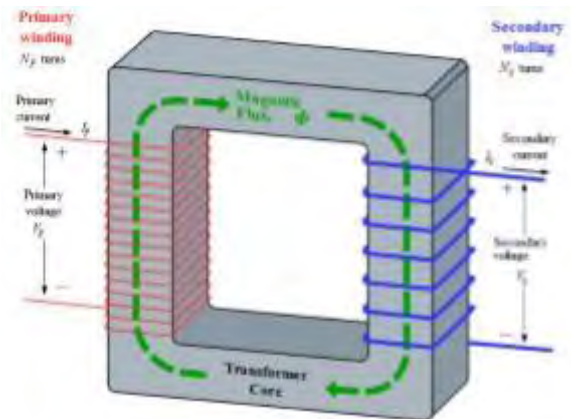
Trafo merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik,

mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC 60076 -1 tahun 2011). Trafo menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu hukum ampere dan induksi faraday, dimana perubahan arus atau medan listrik dapat membangkitkan medan magnet dan perubahan medan magnet / fluks medan magnet dapat membangkitkan tegangan induksi.



Gambar 2.4 Prinsip Hukum Elektromagnetik.

Arus AC yang mengalir pada belitan primer membangkitkan flux magnet yang mengalir melalui inti besi yang terdapat diantara dua belitan, flux magnet tersebut menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial / tegangan induksi.



Gambar 2.5 Elektromagnetik Pada Trafo.

Berdasarkan fungsinya trafo tenaga dapat dibedakan menjadi:

1. Trafo pembangkit
2. Trafo gardu induk / penyaluran
3. Trafo distribusi

Pada suatu sistem proteksi pada transformator terdapat relay yang digunakan untuk mengontrol rangkaian listrik secara tidak langsung dengan memakai perubahan yang terjadi pada rangkaian tersebut untuk rangkaian lain. Menurut fungsinya relay bekerja sebagai pengaman yang dihubungkan ke pemutus untuk bekerja secara otomatis pada peralatan listrik pada kondisi tertentu yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahaya pada peralatan listrik tersebut. Relay yang digunakan pada proteksi transformator merupakan jenis proteksi elektrik yang antara lain:

1. Rele Diferensial

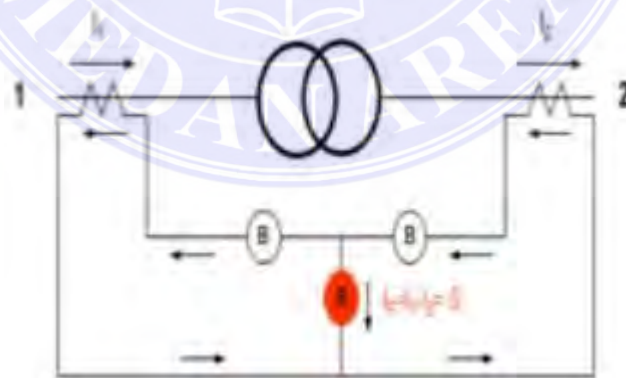
Prinsip kerja rele diferensial ini adalah dengan cara membandingkan dua besaran arus pada sisi primer dan arus pada sisi sekunder pada transformator arus

(CT) serta arus yang masuk ke rele. Kerja rele diferensial ini dibantu oleh dua buah transformator arus (CT) dimana dalam keadaan normal, transformator arus yang pertama dan transformator yang kedua dibuat suatu ratio sedemikian rupa, sehingga arus pada kedua transformator arus tersebut sama besar.

Adapun prinsip kerja rele diferensial ini terjadi dalam tiga keadaan, yaitu dalam keadaan normal, keadaan gangguan diluar daerah proteksi dan gangguan didalam daerah proteksi.

a. Rele diferensial pada keadaan normal

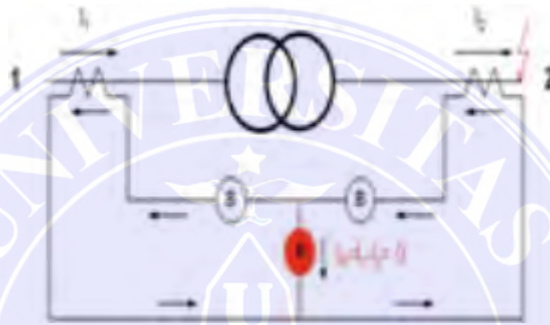
Dalam keadaan normal, arus mengalir melalui peralatan / inslatasi listrik yang diproteksi yaitu transformator daya, dan arus-arus transformator arus, yaitu I_1 dan I_2 bersirkulasi melalui "path" IA. Jika rele diferensial dipasang antara terminal 1 dan terminal 2, maka dalam kondisi normal tidak akan ada arus yang mengalir melaluinya.



Gambar 2.6 Rele Diferensial.

b. Rele diferensial pada gangguan di luar daerah proteksi

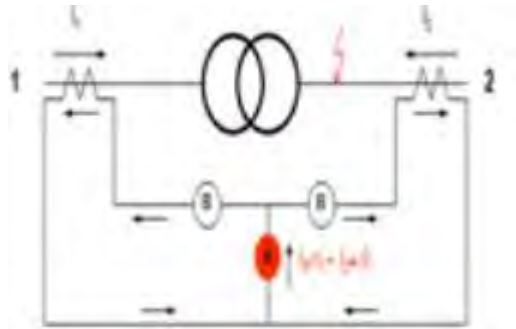
Bila dalam keadaan gangguan diluar dari transformator daya yang diproteksi (*external fault*), maka arus yang mengalir akan bertambah besar, akan tetapi sirkulasi akan tetap sama dengan pada kondisi normal dengan demikian rele diferensial tidak akan bekerja.



Gambar 2.7 Gangguan di Luar Daerah Proteksi.

c. Rele diferensial pada gangguan di dalam daerah proteksi

Jika gangguan terjadi didalam proteksinya pada transformator daya yang diproteksi (*internal fault*), maka arah sirkulasi arus disalah satu sisi akan terbalik, menyebabkan “keseimbangan” pada kondisi normal terganggu, akibatnya arus I_d akan mengalir melalui rele diferensial dari terminal 1 menuju ke terminal 2 maka terjadi selisih arus didalam rele, selanjutnya rele tersebut akan mengoperasikan CB untuk memutus.



Gambar 2.8 Gangguan di Dalam Daerah Proteksi.

Untuk menentukan besarnya nilai arus diferensial, arus restrain (penahan), slope dan arus setting pada rele diferensial menggunakan persamaan sebagai berikut:

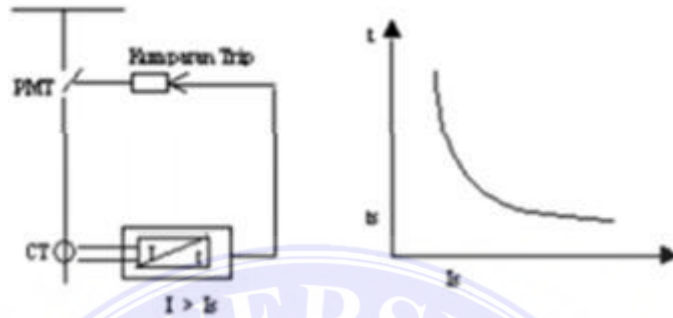
$$I_d = I_2 - I_1 \quad 2.1$$

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad 2.2$$

2. Rele Arus lebih (*Over Current Relay*)

Over current relay atau relai arus lebih bekerja ketika ada hubung singkat yang berdampak pada kenaikan arus, oleh karena itu disebut relai arus lebih. Relai arus lebih yang ada sekarang memiliki dua kemampuan yaitu sebagai relai arus lebih (*Over Current Relay*, OCR) dan relai gangguan tanah (*Ground Fault Relay*, GFR). Relai arus lebih dapat dikoordinasikan dengan relai lain atau dengan GFR dengan memberikan tunda waktu yang sebenarnya merupakan inti dari setelan relai selain juga perhitungan setelan arus. Standard Inverse adalah jenis relai arus lebih yang sangat baik untuk dikoordinasikan karena selain memiliki tunda waktu yang statis dan juga memiliki setelan kurva arus dan waktu sehingga relai arus lebih jenis

ini dapat memberikan tunda waktu tergantung dari arus yang terukur. Makin besar arus, maka semakin kecil waktu tundanya.



Gambar 2.9 Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Terbalik.

Rumus standar Invers :

$$t = \frac{0,14}{I^{0,02-1}} tms$$

2.3

Keterangan :

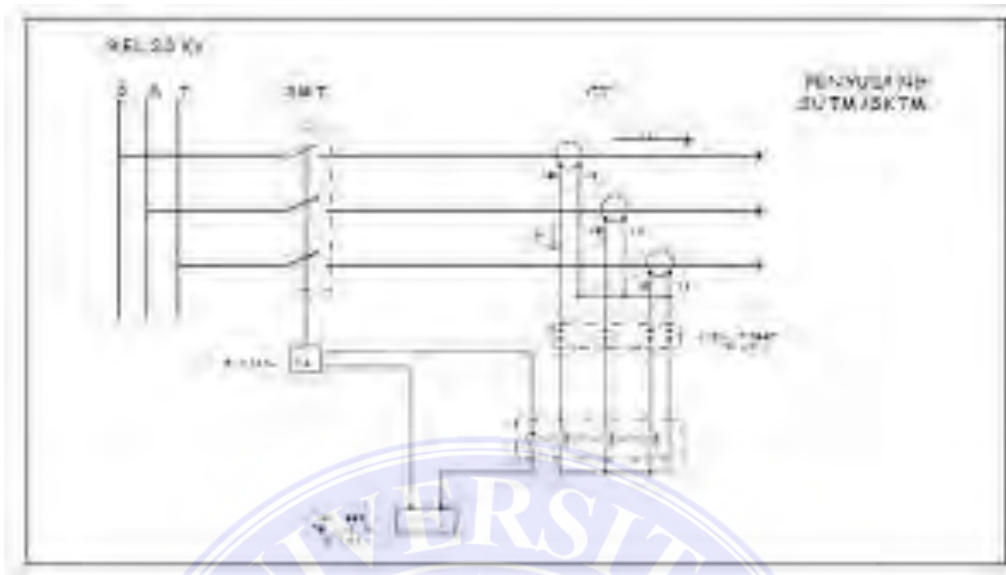
t = time setting relay

tms = standar waktu setting relay

K = konstanta standar invers (0,14) α

= konstanta standar invers (0,02)

Prinsip kerja *Over Current Relay* adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan relai, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau overload (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya.



Gambar 2.10 Rangkaian Pengawatan OCR.

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

$$I_{set} (\text{primer}) = 1,05 \times I_{nom} \text{ trafo} \quad 2.4$$

Nilai tersebut adalah nilai primer, untuk mendapatkan nilai setelan sekunder yang dapat disetkan pada relay OCR, maka harus dihitung dengan menggunakan ratio trafo (CT) yang terpasang pada sisi primer maupun sisi sekunder transformator tenaga.

$$I_{set} (\text{sekunder}) = I_{set} (\text{primer}) \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \quad 2.5$$

Fungsi dari relay pada sistem tenaga listrik sebagai berikut (Samaulah, Hazairin, 2004) :

- a. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secara cepat sehingga sistem lainnya yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal.
- b. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu
- c. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain yang tidak terganggu di sistem tersebut
- d. Memperkecil bahaya bagi manusia.

2.3.4 Kubikel

Kubikel Tegangan Menengah adalah suatu peralatan atau perlengkapan listrik yang dapat berfungsi sebagai pembagi, pengendali, penghubung dan pelindung tenaga listrik. Suatu kubikel terdiri dari tiga bagian utama, yaitu Incoming, Metering dan Outgoing yang masing-masing memiliki fungsinya tersendiri.



Gambar 2.11 Kubikel 20 kV.

Fungsi utama kubikel adalah untuk mengendalikan, melindungi dan membagi tenaga listrik. Secara spesifik, fungsi kubikel adalah sebagai berikut :

1. Mengendalikan sirkuit yang dilakukan oleh saklar utama.
2. Melindungi sirkuit yang dilakukan oleh fuse/pelebur, saklar pemisah (PMS) dan pemutus tenaga (PMT).
3. Membagi sirkuit dilakukan oleh pembagian jurusan/kelompok (busbar).
4. Mengukur besaran listrik (tegangan, arus, daya, frekuensi dll) yang dilakukan oleh alat metering.

2.4 Gangguan Pada Transformator

Gangguan pada transformator dibedakan menjadi dua jenis, antara lain :

1. Gangguan Dalam (*Internal Fault*)

Internal Fault adalah gangguan yang bersumber dari dalam transformator itu sendiri, gangguan ini dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

- a. *Incipient Faults*, terjadi busur api yang kecil dan pemanasan lokal yang dapat disebabkan oleh :
 1. Cara penyambungan konduktor yang tidak baik
 2. *Partial Discharge*
 3. Kerusakan isolasi pada baut – baut penjepit inti
- b. Gangguan pada sistem pendingin

- c. Arus sirkulasi pada trafo – trafo yang bekerja paralel

Semua ini menyebabkan pemanasan lokal, tetapi tidak mempengaruhi suhu trafo secara keseluruhan. Gangguan ini tidak dapat dideteksi dari terminal trafo karena besar dan keseimbangan arus serta tegangan tidak berbeda dengan kondisi pada operasi normal. Walaupun *incipient faults* merupakan gangguan yang kecil, tetapi jika tidak segera dideteksi akan membesar dan menimbulkan kerusakan yang lebih serius.

- d. Gangguan hubung singkat didalam transformator misalnya hubung singkat diantara gulungan belitan tegangan tinggi atau rendah.

2. *Through Fault*

Gangguan ini terjadi di luar transformator dan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Gangguan di luar (*External Faul*), gangguan hubungsingkat antara fasa atau gangguan fasa ke tanah di luar transformator, misalnya busbar atau disisi penyulang tegangan menengah. Arus gangguan ini cukup besar dan dapat dideteksi.
- b. Beban lebih (*Over Load*), transformator tenaga dapat beroperasi secara kontinu pada beban nominal. Bila beban lebih besar dari pada beban nominal, maka transformator akan berbeban lebih, ini akan menurunkan kemampuan isolasi.

2.5 Gangguan Pada Saluran Distribusi Tenaga Listrik

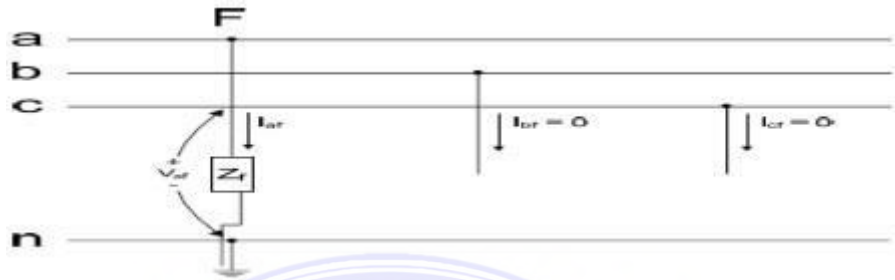
Salah satu sumber masalah yang menentukan kelangsungan pelayanan adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian – bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat dapat terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap regangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar (akibat sambaran petir). Gangguan hubung singkat adalah suatu kondisi pada system tenaga, dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah. 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 system daya, banyak pengaruh-pengaruh yang tidak di inginkan yang dapat terjadi, seperti :

- a. Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk system daya.
- b. Rusaknya perlengkapan yang berada dekat gangguan, karena 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 lainnya.

2.5.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah terjadi karena satu penghantar fasanya terhubung singkat ke tanah, baik secara langsung atau tidak langsung. Gambar

berikut memperlihatkan gambaran umum dari gangguan satu fasa (fasa a) ke tanah pada titik F dengan impedansi gangguan Z_f .



Gambar 2.12 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.

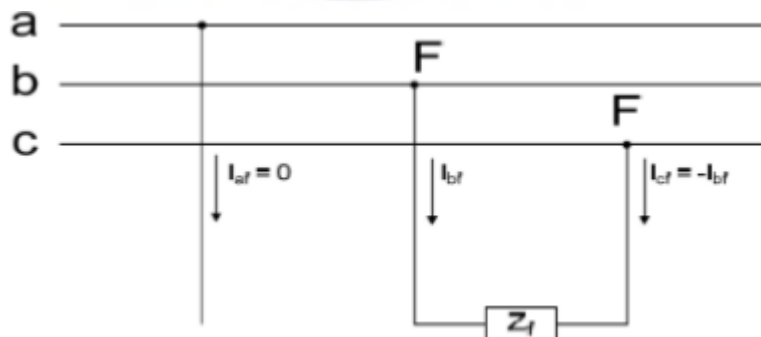
Rumus :

$$I_a = I_f \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f}$$

2.6

2.5.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Gangguan antar fasa pada system tenaga listrik terjadi ketika dua penghantar terhubung singkat, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Gambar dibawah menunjukkan F dengan impedansi hanguan Z_f dianggap nol.



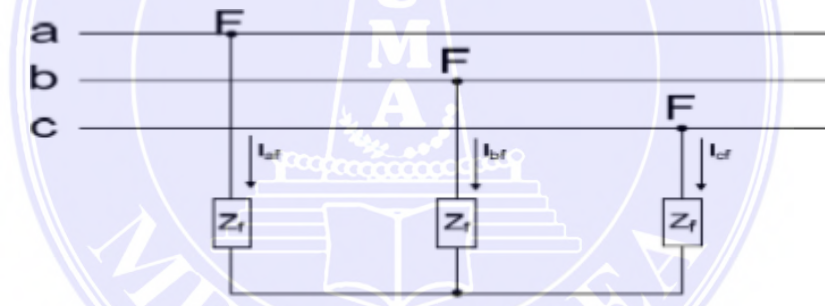
Gambar 2.13 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa.

Rumus :

$$I_{bf} = \frac{j\sqrt{3}V}{Z_1+Z_2} \quad 2.7$$

2.5.3 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Pada umumnya gangguan tiga fasa merupakan gangguan yang seimbang, tetapi juga bisa dianalisa dengan menggunakan komponen simetris. Gambar di bawah ini memperlihatkan gambaran umum dari gangguan tiga fasa seimbang pada gangguan di titik F. Kondisi saat terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa.



Gambar 2.14 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.

Rumus :

$$I_{f \text{ 3 fasa}} = I_{fa} = I_{fb} = I_{fc} = \frac{V}{Z_1} \quad 2.8$$

2.6 Koordinasi Relay

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat pada tahap selanjutnya dipergunakan untuk menentukan nilai setelan arus lebih, terutama nilai setelan TMS

(*time multiple setting*) dari relay arus lebih jenis *inverse*, (E, S, dan M,Nurdin, 2015).



Disamping itu setelah nilai setelan relay didapatkan, nilai-nilai arus gangguan hubung singkat pada setiap lokasi gangguan hubung singkat yang diasumsikan dipakai untuk memeriksa kerja relay, apakah masih dapat dinilai selektif atau nilai setelan harus diubah ke nilai lain yang memberikan kerja relay yang lebih selektif atau dapat dikatakan kerja selektivitas yang optimum (W. Wijana, I. K. Wijaya, dan I. M. Mataram, 2018). Sedangkan untuk setelan relay arus beban lebih dihitung di *outgoing*, artinya

- a. Untuk relay arus beban lebih yang terpasang di penyulang (*outgoing*) dihitung berdasarkan arus beban maksimum yang mengalir di penyulang tersebut. minimum dari relay arus lebih (terutama di penyulang) tidak lebih kecil dari 0.3 detik. Nilai grading *time* tersebut diambil dari pertimbangan agar relay tidak sampai trip lagi akibat arus *inrush* dari trafo – trafo distribusi.
- b. Untuk relay yang terpasang di *incoming* trafo. Karena yang akan dikoordinasikan adalah sisi *outgoing* dan sisi *incoming*, maka untuk waktu sisi *incoming* ditentukan lebih lama, dimana $t = (0,3(t_{CBO}) + 0,4(\Delta t)) = 0,7 \text{ s}$. Untuk titik arus gangguan dipilih gangguan 3 fasa pada *outgoing*, dihitung berdasarkan arus nominal trafo tersebut. Relay *inverse* diset sebesar $1.05 - 1.1 \times I_{\text{nominal}}$.

Untuk menentukan setting pada relay diperlukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan hasil setting yang diinginkan, seperti nilai impedansi, reaktansi, impedansi pada penyulang dan juga arus gangguan yang terjadi. Berikut beberapa setting relay yang digunakan dalam proteksi bay trafo daya 2 :

2.6.1 Menghitung Impedansi

Untuk mendapatkan impedansi sumber disisi *outgoing* maka harus dihitung impedansi sumber disisi *incoming*. Berdasarkan data impedansi yang diperoleh dari sumber 150kV, maka dapat dihitung daya *short circuit* dengan rumus sebagai berikut:

$$MVAsc = \sqrt{3} \times kV150 \times I_{sc} \text{ 3 fasa} \quad 2.9$$

Dimana = I_{sc} = Arus hubung singkat 3 fasa

= $MVAsc$ = Daya hubung singkat di sistem 150kV

Setelah mendapatkan Daya hubung singkatnya maka dapat dicari $Z_{SC} 150KV$

$$Z_{sc} 150kV = \left(\frac{150kV^2}{MVAsc} \right) \quad 2.10$$

Dimana = $Z_{SC} 150kV$ = Impedansi hubung singkat 150 kV

= $MVAsc$ = Daya hubung singkat di sistem 150 kV

Setelah mendapatkan $Z_{SC} 150kv$ nya maka dapat dicari $Z_{SC} 20KV$

$$Z_{SC} 20kV = \left(\frac{20kV^2}{150kV^2} \right) \times Z_{SC} 150kV \quad 2.11$$

Dimana = $Z_{SC} 150kv$ = Impedansi hubung singkat 150 kV

= $Z_{SC} 20kv$ = Impedansi hubung singkat 20 kV

Setelah didapat semua perhitungan diatas, maka dapat dihitung reaktansi trafo tenaga yang terdiri dari reaktansi trafo pada 100%, reaktansi trafo urutan positif dan negatif, reaktansi trafo urutan nol, dan Arus nominal trafo tenaga.

$$XT \text{ (pada 100\%)} = \frac{kV^2}{MVA} \quad 2.12$$

Dimana $= X_T =$ Reaktansi trafo pada 100%
 $= kV =$ Tegangan di sistem 20 kV
 $= MVA =$ Kapasitas trafo yang terpasang

$$X_{T1} = X_T (\%) \times X_T (\Omega) \quad 2.13$$

Dimana $= X_{T1} =$ Reaktansi trafo urutan positif dan negatif
 $= X_T =$ Impedansi trafo
 $= X_T (\%) =$ Reaktansi trafo pada 100%

$$\text{In Trafo} = \frac{\text{daya trafo}}{\text{tegangan sekunder } \sqrt{3}} \quad 2.14$$

Selanjutnya dapat dihitung data jaringan yang terdiri dari Impedansi urutan positif dan negatif, Impedansi urutan nol, Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif, dan Impedansi ekivalen urutan nol. Semuanya di asumsi untuk 10% panjang penyulang. Untuk perhitungan impedansi penyulang, perhitungannya tergantung dari besarnya impedansi dari penyulang yang akan dihitung, dimana nilainya ditentukan dari jenis penghantar, luas penampang dan panjang jaringan SUTM atau jaringan SUTR. (Sarimun, W. 2012). Sehingga untuk impedansi penyulang dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$Z_1 \text{ penyulang} = Z_2 \text{ penyulang} = \text{Panjang Penyulang} \times Z_1/km \quad 2.15$$

Dimana $= Z_1 \text{ penyulang} =$ Impedansi urutan positif dan negatif
 $= Z_1/km =$ Impedansi urutan positif penyulang/km

$$Z_{1 \text{ eki}} = Z_{2 \text{ eki}} = Z_{SC \ 20kV} + X_{T1} + Z_1 \text{ Penyulang } \Omega/km \quad 2.16$$

Dimana $= Z_{1 \text{ eki}} =$ Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif

$$\begin{aligned}
 &= Z_{SC} 20kV &&= \text{Impedansi hubung singkat 20kV} \\
 &= XT_1 &&= \text{Reaktansi trafo urutan positif dan negatif} \\
 &= Z_1/km &&= \text{Impedansi urutan positif penyulang/km}
 \end{aligned}$$

Setelah mencari Impedansi yang dibutuhkan, selanjutnya dapat dicari perhitungan arus gangguan hubung singkat yang terdiri dari gangguan hubung singkat 3 fasa. Semuanya diasumsikan 10% panjang penyulang.

$$Isc\ 3\ fasa = \frac{20kV}{\frac{\sqrt{3}}{Z_{1eki}}} \quad 2.17$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana} &= Isc\ 3\ fasa &&= \text{Arus hubung singkat 3 fasa} \\
 &= Z_1\ eki &&= \text{Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif}
 \end{aligned}$$

2.6.2 Penyetelan Relay Arus Lebih

Untuk penyetelan relay arus lebih, maka diperlukan perhitungan arus *setting* dan *Time Multiple Setting* (TMS) terlebih dahulu di sisi *incoming* dan *outgoing*.

a. Setting OCR

Untuk menentukan nilai setelan arus relay arus lebih yang terpasang pada sisi penyulang, dihitung berdasarkan arus beban maksimum yang pengalir di penyulang (*outgoing*)

$$Iset\ Primer = 1,05 \times In\ Trafo \quad 2.18$$

$$\text{Dimana} : I\ set\ Primer = \text{Arus set primer OCR}$$

$$KHA = \text{kuat hantar arus}$$

$$1,05 = \text{Karakteristik Inverse}$$

$$Iset\ Sekunder = \frac{Iset\ primer}{Ratio\ CT} \quad 2.19$$

Dimana : I set sekunder = Arus set sekunder OCR

I set primer = Arus set primer OCR

Ratio = Ratio CT yang terpasang

$$TMS = \frac{t \times \left(\left(\frac{Isc\ 3\ fasa}{Iset\ Primer} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14} \quad 2.20$$

Dimana = TMS = Time Multiplier Setting (Nilai yang diset ke relai sebagai konstantan (tanpa satuan)

= Isc 3 fasa = Arus Hubung singkat 3 fasa

= Iset primer = Arus set primer OCR

Karena yang akan dikoordinasikan adalah sisi *outgoing* dan sisi kubikel CBO, maka untuk waktu sisi *outgoing* ditentukan lebih lama, dimana $t = (0,3_{(t\ CBO)} + 0,4_{(\Delta t)}) = 0,7\ s$. Untuk titik arus gangguan dipilih gangguan 3 fasa pada CBO.^[15]

$$t = \frac{0,14}{\left(\left(\frac{Isc\ 3\ fasa}{Iset\ primer} \right)^{0,02} - 1 \right)} \times TMS \quad 2.28$$

Dimana = TMS = Time Multiplier Setting. Nilai ini yang disetkan ke relai sebagai konstanta (tanpa satuan)

= t = waktu kerja

= Isc 3 fasa = Arus hubung singkat 3 fasa di *outgoing* penyulang

= Iset primer = Arus set primer OCR



2.6.3 Setting Relai Sisi Incoming

a. Setting OCR

$$Iset Primer = 1,05 \times I beban \quad 2.29$$

Dimana I = I set Primer = Arus set primer OCR

I beban = Arus beban puncak penyulang

1,05 = Karakteristik Inverse

$$Iset Sekunder = \frac{Iset primer}{Ratio CT} \quad 2.30$$

Dimana I : I set sekunder = Arus set sekunder OCR

I set primer = Arus set primer OCR

Ratio = Ratio CT yang terpasang

$$TMS = \frac{t \times \left(\frac{Isc 3}{fasa} \right)^{0,02} - 1}{0,14} \quad 2.31$$

Dimana TMS = Time Multiplier Setting (Nilai yang diset ke relai sebagai konstantan (tanpa satuan))

t = 0,7 s (kesepakatan bersama)

$Isc 3$ fasa = Arus Hubung singkat 3 fasa

$Iset primer$ = Arus set primer OCR

Karena yang akan dikoordinasikan adalah sisi *outgoing* dan sisi kubikel CBO, maka untuk waktu sisi *outgoing* ditentukan lebih lama, dimana $t = (0,3(t_{CBO}) + 0,4(\Delta t)) = 0,7$ s. Untuk titik arus gangguan dipilih gangguan 3 fasa pada *outgoing*.

$$t = \frac{0,14}{\frac{Isc 3 fasa}{0,02}}$$

×

$$\left(\frac{\text{Iset primer}}{-1} \right) \begin{matrix} T \\ MS \\ -1) \end{matrix}$$

2.32



Dimana = TMS = *Time Multiplier Setting*. Nilai ini yang disetkan ke relay sebagai konstanta (tanpa satuan)

= t = waktu kerja

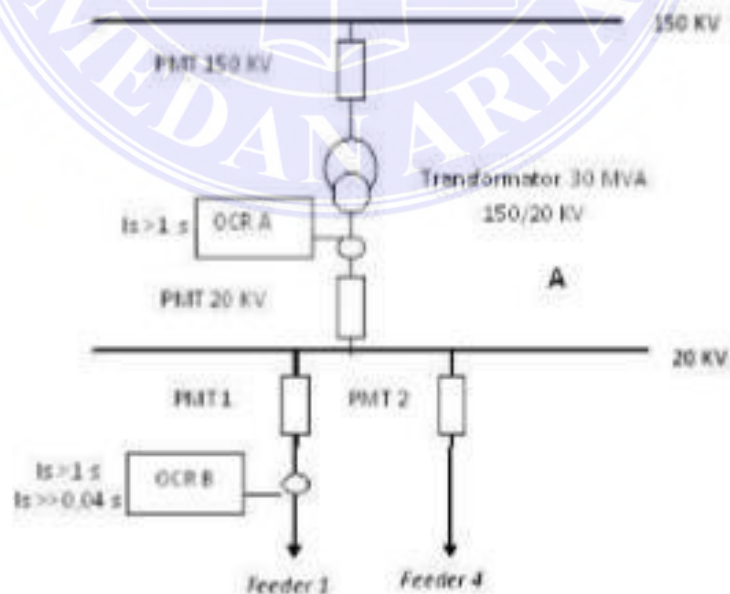
= I_{sc} 3 fasa = Arus hubung singkat 3 fasa di *outgoing* penyulang

= I_{set} primer = Arus set primer OCR

2.7 Pola Koordinasi

Koordinasi yang digunakan pada Trafo daya 2 GIS Listrik menggunakan pola cascade, namun untuk mengetahui kehandalan sistem proteksi pola tersebut dapat kita lihat melalui software Etap 16.0.0 sebagai media simulasi sistem koordinasi proteksi.

Pola Koordinasi Kaskade



Gambar 2.15 Pola Koordinasi Kaskade.

Pola pengamanan ini merupakan pola keamanan bertingkat. Artinya apabila terjadi gangguan pada *feeder* 0,38 kV maka yang pertama bekerja adalah OCR *feeder*, jika tidak teratasi maka OCR incoming yang akan bekerja. Jalur seperti ini lah yang menyebabkan sistem kaskade disebut pola pengamanan bertingkat.

2.8 ETAP 16.0.0

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) adalah platform yang dapat membantu mempermudah serta yang sangat komprehensif untuk desain, simulasi, kontrol, operasi, pengoptimalan, pembangkitan, transmisi, distribusi dan sistem tenaga industri. Etap banyak digunakan di perusahaan – perusahaan yang berkecimpung di bidang kelistrikan. Selain dari fitur – fitur yang disediakan cukup lengkap Etap juga sangat *friendly* untuk digunakan. Karena Etap memberikan panduan untuk pengguna pemula pada sistem tenaga, setidaknya memberikan pemahaman dasar mengenai sistem tenaga.

Etap dapat digunakan untuk membuat proyek *one line diagram* atau diagram satu garis untuk berbagai analisis. Etap menawarkan fitur terintegrasi penuh termasuk *arc flash*, *load flow*, *short circuit*, koordinasi relay, kapasitas kabel, stabilitas *transien* dan lain – lain. Etap juga telah menyediakan informasi umum seperti spesifikasi generator, transformator, *shunt* dan lainnya yang membuat pengguna lebih mudah mengoperasikannya. (Sneha Kulkarni and Sunil Sontakke, 2017) menyatakan bahwa Etap menyediakan laporan kesalahan dan menyoroti kesalahan tersebut kepada pengguna dalam laporan singkat. Elemen kunci dari dari sistem tenaga yang termasuk dalam Etap adalah :

1. *Load Flow* (studi aliran daya)
2. *Short Circuit*
3. *Transient Stability*
4. *Harmonic Study*
5. *Voltage Instability Analysis*
6. *Relay Coordination*
7. *Sub – synchronous resonance* (resonansi sub – sinkron)
8. *Load Forecasting* (prediksi beban)
9. *Load Shedding Studies* (studi pelepasan beban)
10. *Online Monitoring*

Dalam analisa koordinasi relay pada kali ini akan menggunakan beberapa saja dari fitur yang telah tersedia pada etap seperti study: *load flow* dan *coordination relay*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

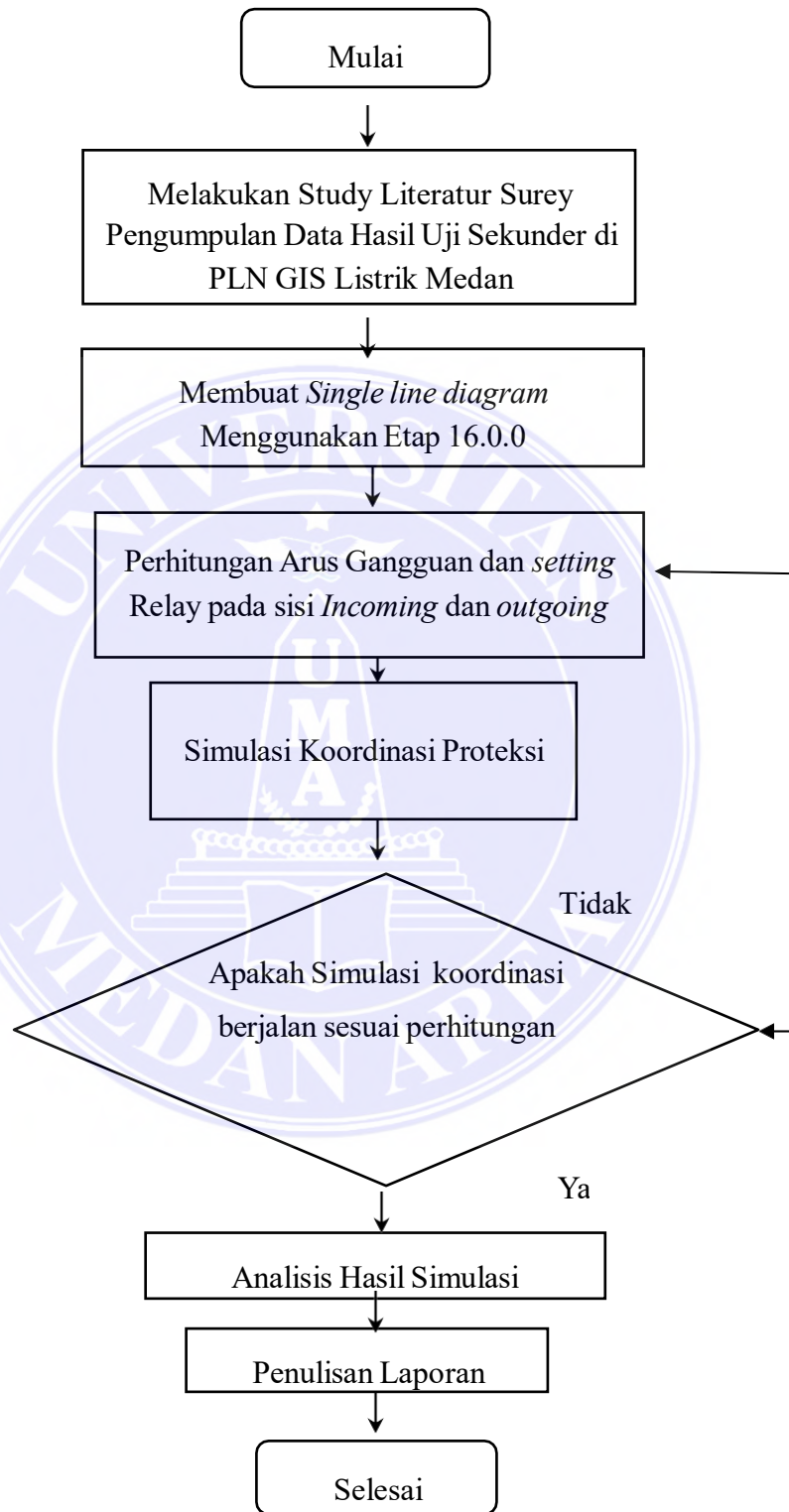
1. Lokasi penelitian dilakukan di PT. PLN GIS LISTRIK Medan, Jl. Listrik No. 12, Kel. Petisah Tengah, Kec. Medan Petisah, Medan.
2. Waktu penelitian dilaksanakan mulai tanggal 04 april – 18 april 2022.

3.2 Alat dan Bahan

Sebagai kelengkapan utama dari peralatan dan bahan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perangkat Keras
Satu unit laptop merk Lenovo ideapad slim 3
2. Perangkat Lunak
Software ETAP 16.0.0

3.3 Diagram Alir



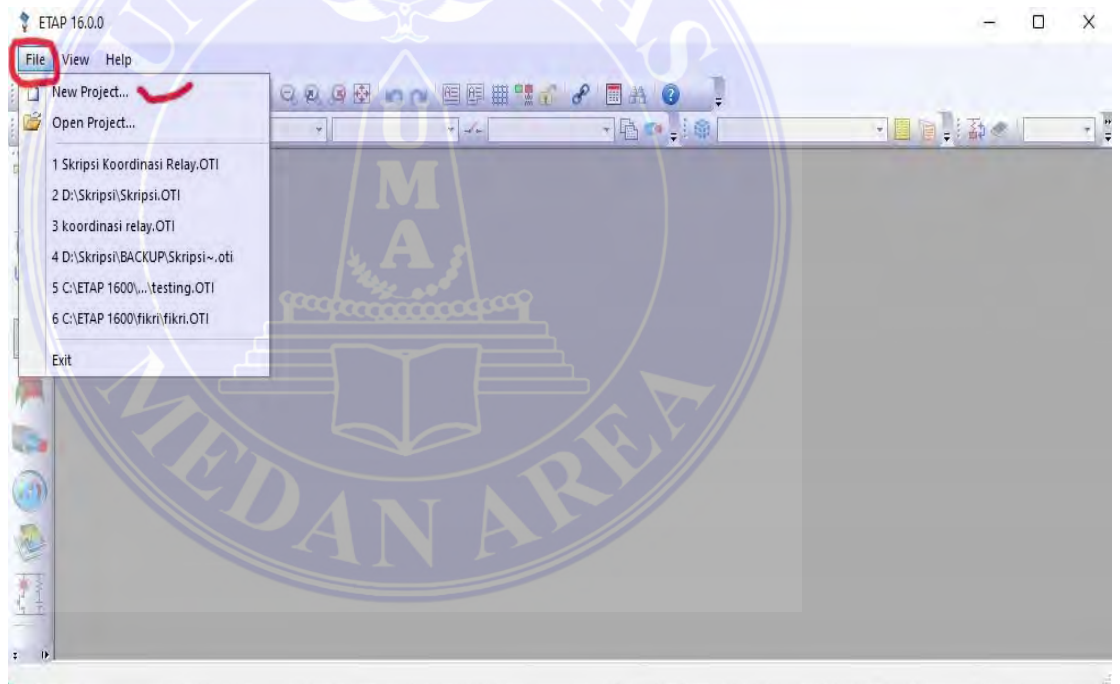
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Membuat Program Simulasi Etap 16.0.0

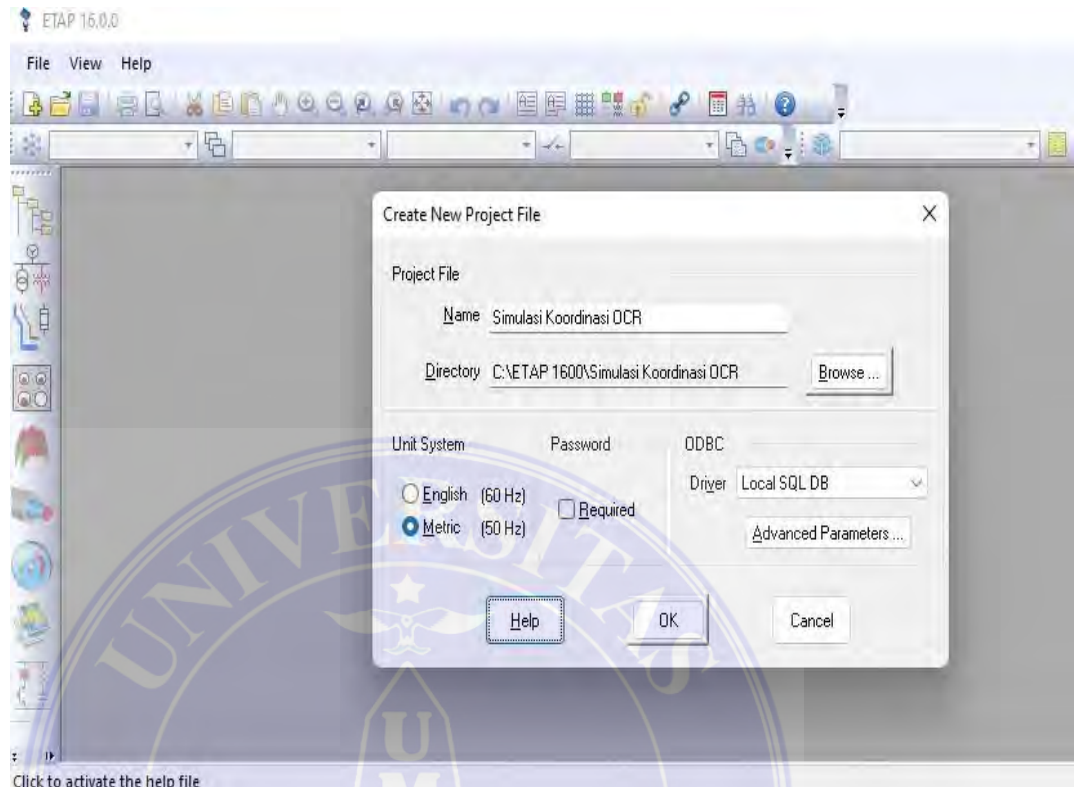
Pada tahap ini persiapan teknis yang diperlukan adalah peralatan untuk menganalisa data yang akan diperoleh yaitu dengan laptop dan software Etap 16.0.0 yang akan digunakan untuk menganalisa data yang diperoleh, dan bagaimana memulai membuat projek baru pada software Etap 16.0.0

Setelah mempersiapkan perangkat dan software etap 16.0.0, Langkah selanjutnya adalah membuat program baru pada software etap 16.0.0, dengan meng-klik ikon file pada sudut software etap lalu klik new project untuk membuat program yang akan disimulasikan.



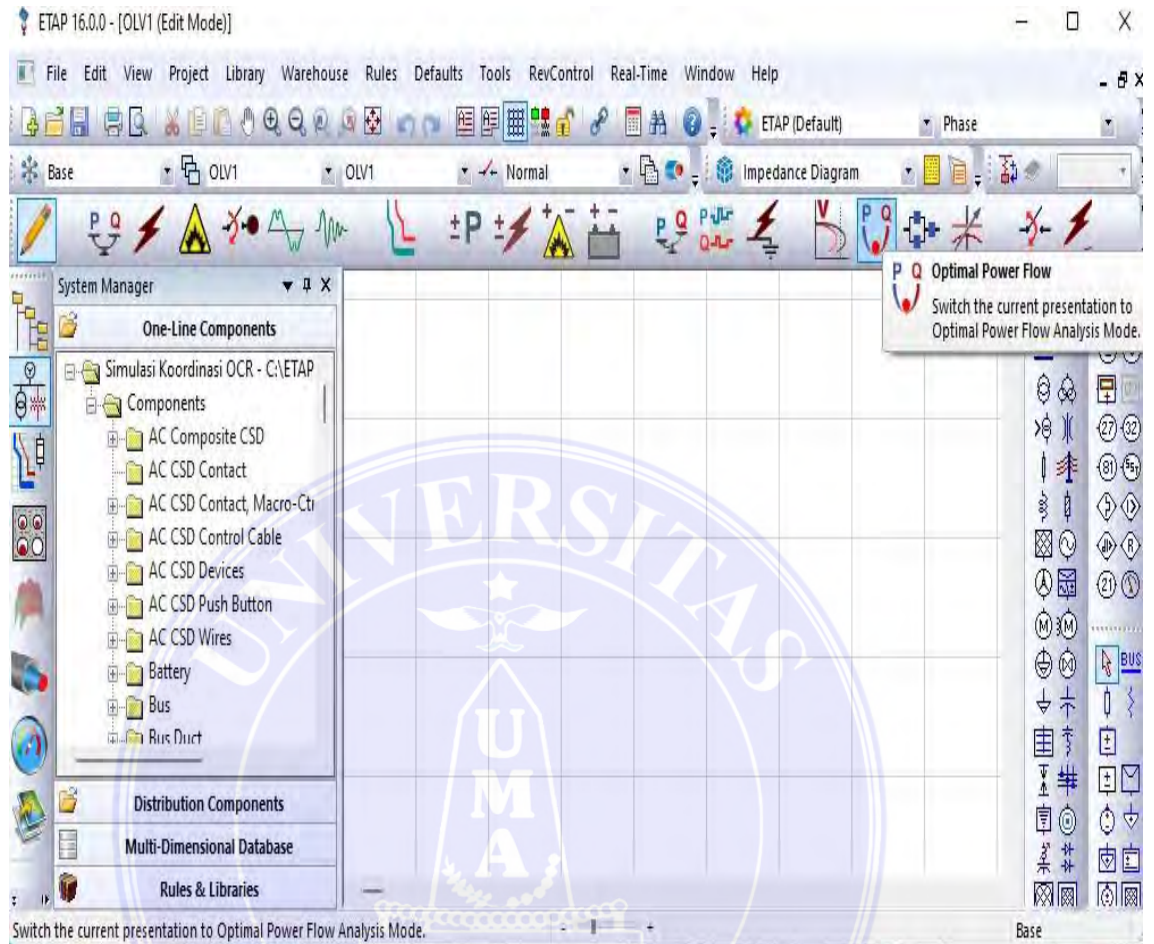
Gambar 3.2 tampilan awal membuat program dengan etap 16.0.0

Seperti gambar diatas, setelah meng-klik ikon yang berwarna merah selanjutnya kita bisa melanjutkan dengan memasukkan informasi nama project yang akan kita buat dan juga nama engineer yang membuat. Data pada form ini dapat diisi sesuai kebutuhan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.3 Tampilan *Form* Informasi Proyek Simulasi

Setelah mengisi form untuk informasi sebuah project pada Etap 16.0.0, langkah selanjutnya akan tampil sebuah menu bar dan menu tools sebagai media membuat sebuah rangkaian sebuah project simulasi kelistrikan, seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 3.4 Tampilan Mengisi Informasi Projek, Informasi User dan Menu Bar dan Menu Tools Sudah Siap Digunakan.

3.4.2 Perencanaan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif, sebab sumber data adalah data yang didapatkan dari penelitian studi kasus pada PLN GIS Listrik. Objek yang diteliti adalah koordiansi proteksi relay arus lebih pada feeder trafo daya 2, serta arus gangguan yang terjadi

Dalam penyusunan penelitian ini perlu adanya susunan perancangan penelitian yang jelas tahapan-tahapannya yang merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penyelesaian masalah yang akan dibahas.

3.4.3 Survey dan Pengambilan Data Lapangan

Dalam proses survey dan pengambilan data dilapangan penulis menggunakan metode analisis yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode analisis statistic deskriptif. Dalam penelitian ini akan dikerjakan pengkajian terhadap data-data teknis yang terjadi pada trafo daya 2 di GIS Listrik. Data-data didapat kemudian diolah untuk memperoleh indeks yang diperlukan kemudian dideskripsikan pada saat proses penganalisaan data.

Dalam melakukan survey dan pengambilan data untuk pengujian simulasi koordinasi proteksi relay arus lebih penulis melakukan kunjungan langsung ke PLN Gis Listrik untuk mendapatkan data sebagai berikut:

- a. Pengambilan data pada PLN GIS Listrik Medan yang dilaksanakan selama 14 hari, berdasarkan data pada trafo daya 2 yang mencakup jenis transformator, spesifikasi transformator, kapasitas daya transformator, dan spesifikasi peralatan lainnya terutama pada relay arus lebih.
- b. Data beban yang aktif pada trafo daya 2, jumlah beban, pembagian beban setiap penyulang, dan lainnya.

Pada jaringan distribusi sistem tenaga listrik, transformator yang ada pada PLN GIS Listrik berfungsi menurunkan tegangan 150 kV yang didapat dari Gardu Induk Titi Kuning menjadi 20 kV untuk mensupply bay trafo daya 2 dan. Adapun data - data yang digunakan pada trafo daya 2 GIS Listrik seperti pada tabel dibawah ini :

a. Data Relay Arus Lebih

Relay arus lebih yang terdapat pada PLN Gis Listrik medan menggunakan merk Areva dengan Type Micom P122, seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Relay Arus Lebih merk Areva MiCom P122

Relay arus lebih yang terdapat pada PLN GIS Listrik memiliki spesifikasi dan settingan arus untuk memproteksi seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 Data existing relay arus lebih incoming PLN GIS Listrik

Relay Incoming				
Merk	Type	I setting	Karakteristik	t OCR
AREVA	MiCom P122	2000	Standar Invers	0,25

Tabel 3.2 Data existing relay arus lebih outgoing PLN GIS Listrik

Relay Outgoing					
Relay	Merk	Type	I setting	Karakteristik	t OCR
LI-1	AREVA	P142	480	Standar Invers	0,14
LI-2	AREVA	P123	480	Standar Invers	0,14
LI-4	AREVA	P123	480	Standar Invers	0,14
LI-5	AREVA	P142	480	Standar Invers	0,14

b. Data beban Trafo daya 2 PLN Gis Listrik

Pada bay trfao daya 2 terdapat beberapa informasi mulai dari beban yang terdapat pada trafo daya 2, jenis penghantar dan juga beban yang aktif, serta arus gangguan yang terjadi pada trafo daya 2

Tabel 3.3 Data beban dan spesifikasi sisi outgoing trafo daya 2

Penyulang	Arus	PMT	Ratio CT
LI-1 (GH- Dr. stool)	480 A	1250 A	800/5
LI-2 (GH- Podomoro)	400 A	630 A	600/5
LI-4 (GH- Thamrin)	400 A	630 A	600/5
LI-5 (GH- Kalkuta)	480 A	1250 A	800/5

Pada trafo daya 2 terdapat beberapa penyulang dengan type penghantar AAC 150 mm² dan panjang rata – rata ±1 Km, dengan nilai impedansi sudah ditentukan. Pada PLN Gis Listrik yang diketahui hanya supply arus yang diberikan maka untuk mendapatkan data pemakaian daya reaktif, daya aktif, daya semu. Dapat dicari melalui persamaan rumus sebagai berikut:

1. Daya aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi yang sebenarnya, baik itu untuk kerja sebagai energi penerangan ataupun diubah ke energi gerak (mekanik). Satuan daya aktif adalah Watt (W). rumus nya adalah :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

2. Daya reaktif

Daya reaktif adalah daya yang merupakan penjumlahan daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet akan menghasilkan fluks medan magnet. Contohnya pada motor, transformator, lampu pijar dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah Var. rumus daya reaktif sebagai berikut.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi$$

3. Daya semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang dihasilkan dari trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA

$$S = V \times I (VA)$$

Pada jaringan 150 kV Gis Listrik dapat diketahui arus gangguan yang terjadi dikarenakan arus hubung singkat 3 fasa pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.4 Data Arus Hubung Singkat PLN GIS Listrik

Data Arus Hubung Singkat 3 Fasa	
Gardu Induk	Isc 3 phasa (Amp)
GIS LISTRIK	20947

c. Data Transformator Daya 2

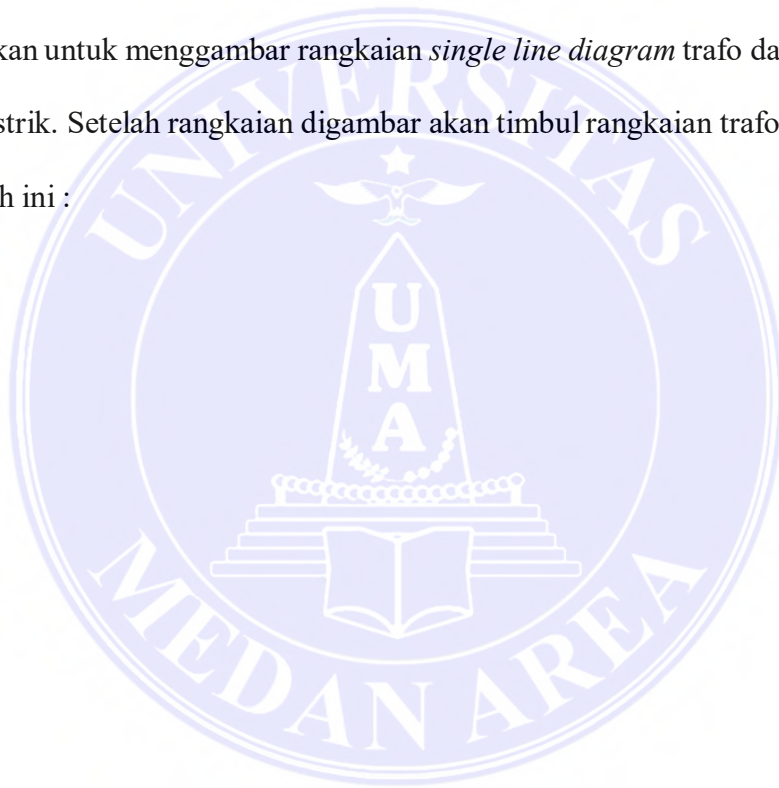
Tabel 3.5 Spesifikasi Transformator Pada Trafo Daya 2

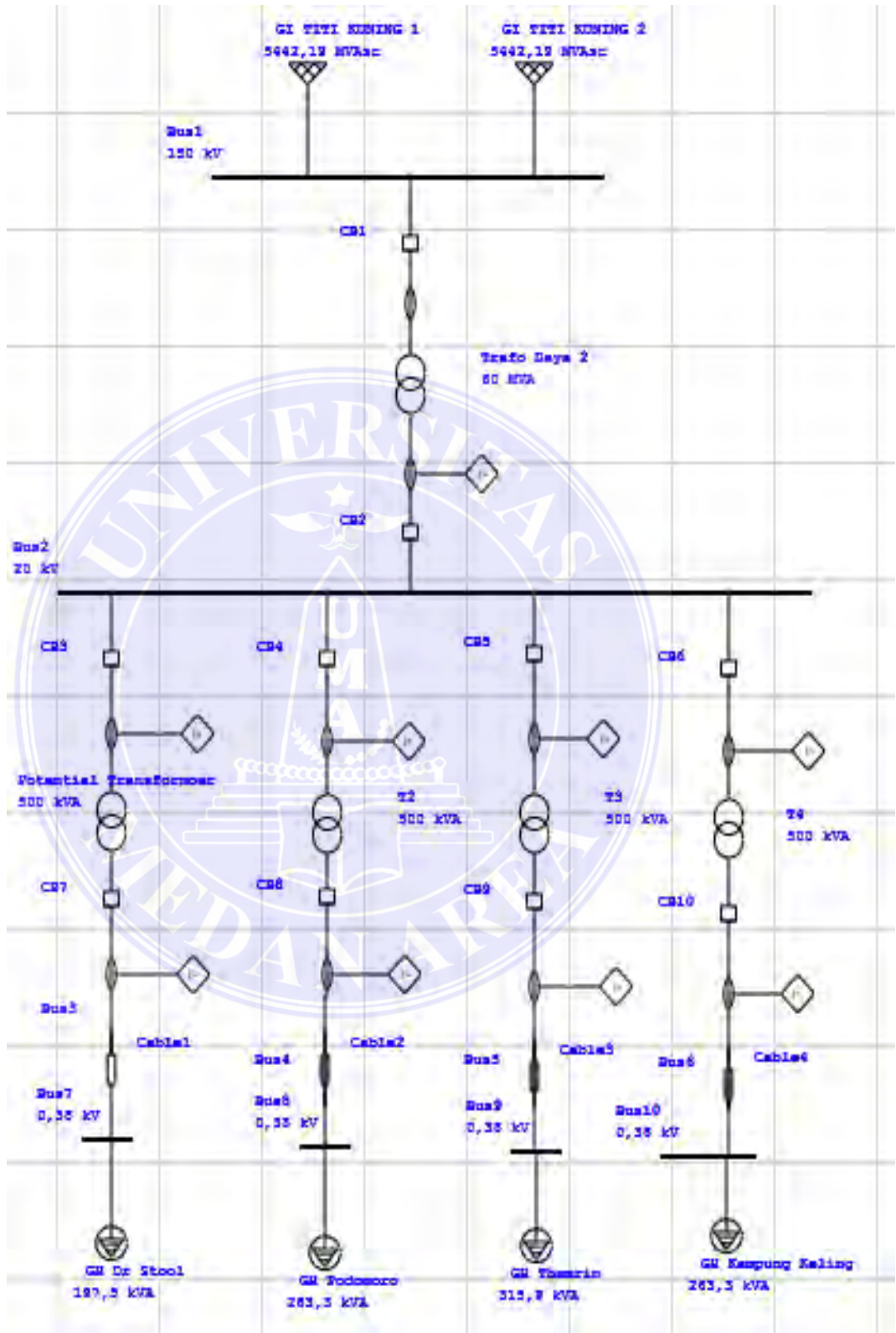
Merk	UNINDO
No Seri	P060LEC879-08
Kapasitas Daya	60 MVA
Tegangan	150 kV/20 kV
Frekuensi	50 Hz
I Primer	230,9 A
I Sekunder	1574 A
Tahanan NGR	12 Ω
Kabel	Ynyn0
Impedansi (z%)	12,08%
Ratio CT (20kV)	2000/5

3.5 Menggambar Single line diagram menggunakan etap 16.0.0

Setelah data yang terkait pada objek penelitian diperoleh, maka proses selanjutnya adalah menggambar single line diagram Gis Listrik pada software etap 16.0.0, dalam menggambar single line diagram ini menggunakan standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) dan mengacu pada standar PUIL.

Seperti pada gambar 3.3 diatas tampilan menu bar dan tools yang terdapat, digunakan untuk menggambar rangkaian *single line diagram* trafo daya 2 pada PLN GIS Listrik. Setelah rangkaian digambar akan timbul rangkaian trafo daya 2 seperti dibawah ini :





Gambar 3.5 Hasil Gambar *Single Line Diagram* Trafo Daya PLN GIS Listrik

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengolahan data yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Perhitungan setting relay arus lebih pada sisi incoming didapat arus (I) setting primer sebesar 1.818,6 A dengan time dial (TMS) selama 0,29 s dengan waktu kerja 0,62 s. Sedangkan, pada sisi outgoing arus (I) setting primer sebesar 504 A pada penyulang Dr. Stool dengan time dial (TMS) selama 0,07 s dengan waktu kerja 0,17 s. Perhitungan tersebut membuktikan kerja relay arus lebih pada outgoing lebih cepat dari pada relay arus lebih incoming.
- b. Penerapan pola koordinasi kaskade pada simulasi berhasil, dapat dilihat pada bekerjanya CB pada sisi outgoing terlebih dahulu kemudian apabila gangguan tidak dapat diatasi maka akan dikoordinasikan pada relay incoming untuk memberikan instruksi ke CB untuk open yang berarti memutus jaringan listrik. Dapat disimpulkan bahwa koordinasi relay arus lebih yang terjadi pada *feeder* bay trafo daya 2 berfungsi normal

5.2 Saran

- a. Perlu adanya pemeliharaan secara berkala pada peralatan proteksi yang dipasang pada saluran demi mempertahankan kehandalan dalam penyaluran energi listrik.

- b. Pola koordinasi kaskade sudah cukup selektif dalam melakukan pengamanan pada peralatan listrik saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa ataupun gangguan singkat lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Syafitri, Novi, dkk. (2011). *Sistem Proteksi Zona Proteksi*. Padang. Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Hage. (2008). Dasar Sistem Proteksi. Retrived November 24, 2008,
- Arfianda, M, dkk. (2011). *Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya Pada Gardu Induk*. Sumatra Utara, Fakultas Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara.
- Siswanto, Agus, dkk. (2020). *Perbaikan Pengkabelan Trafo Arus pada REF (Restricted Earth Fault) dan SBEF (Standby Earth Fault) untuk Meningkatkan Selektivitas Kerja Relay*. Cirebon, Fakultas Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945.
- Arifin, Ashar, November 2020. *Pengertian, Fungsi dan Komponen Kubikel Tegangan Menengah*. Retrived Juni 15, 2021.
- Kanadatantra, Nyoman. (2018). *Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Sistem Proteksi di Penyulang ADIK 20 kV Gardu Induk Gandul Area Ciputat*. Jakarta, Fakultas Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik PLN.
- Prasetijo, H, dkk. (2020). *Non Cascade System Coordination Of Over Current Relay For Improving Transformer Protection*. Purwokerto, Fakultas Teknik Elektro Universitas Jendral Soedirman.
- IEEE Guid for Abnormal Frequency Protection For Power Generating Plant” IEEE, 1987.
- LIPI, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik Indonesia Tahun 2000 (PUIL 2000)*. 2000.
- J. M. W. Saputro, “Analisis Koordinasi Proteksi Relay Ocr Dan Recloser Pada Penyulang Sgn 04 Sanggrahan Menggunakan Etap 12.6.0,” vol. 7, NO. 2, pp. 1–6, 2018.

IEC 60255, "Overcurrent Protection for Phase and Earth Faults."

Sulasno, *Teknik dan Sistem Distribusi dan Tenaga Listrik*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2001.

Yusmar Tato, Yusniati Analisa Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang LM5 Di Gardu Induk Lamhotma Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara Jl. SM. Raja Teladan, Medan

Hendriyadi Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi di Kota Pontianak Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

PT. PLN (Persero). 1998. *Kesepakatan Bersama Koordinasi Sistem Proteksi Trafo Penyulang 20 kV*.

Dermawan, E., & Nugroho, D. (n.d.). Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka. *Jurnal Elektum*, 14(2).

Laksono, A., Hermawan, H., & Nugroho, A. (2018). EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI RELAY ARUS LEBIH DAN RELAY GANGGUAN TANAH PADA PENYULANG KEDONGANAN DAN GARDENIAGI NUSA DUA MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0. *TRANSIENT*, 7(1).

PT. PLN (Persero). 2012. *Kesepakatan Bersama Koordinasi Sistem Proteksi Trafo Penyulang 20 kV*.

Brata, Roby Danu. 2007. *Perbandingan Sistem Proteksi Kaskade dan Non Kaskade pada Transformator Tenaga 150/20 kV di Gardu Induk Rungkut*. Skripsi. Surabaya: Institut Sepuluh November. (Widodo, 2021) (ISMOYO, 2018)

Abdurrahman, F. H. (2018).. *ANALISIS KOORDINASI DAN SETTING RELE ARUS LEBIH SEBAGAI PENGAMAN MOTOR INDUKSI 6,3 KV DI UNIT SWBD 1 DAN 2 PLTU REMBANG DENGAN ETAP 12.6.0*, 7(1).

ISMOYO, S. K. (2018). Analisa Koordinasi Proteksi Over Current Relay Pada Gardu Induk Wonosari 150Kv. 10 (2).

Saputro, J. M. (2018). Analisis Koordinasi Proteksi Relay Ocr Dan Recloser Pada Penyulang Sgn 04 Sanggrahan Menggunakan Etap 12.6.0. 7(2).

Widodo, E. D. (2021). ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI RELAY ARUS LEBIH PADA SISTEM KELISTRIKAN PT. PETROKIMIA GRESIK PABRIK AMUREA 2 BERBASIS ALGORITMA GENETIKA.



LAMPIRAN


Lampiran 1. Data existing setting relay PLN GIS Listrik Medan

NO	UPT	ULTG	GI	BAY	OCR/GFR	MERK	TYPE	OCR (Td)						
								RASIO CT		I _s (sekunder) Non-Direct. A	I _p (primer) Non-Direct. A	t _s Non-Direct.	CURVE SI / Inverse DT / Definit N/A / SEF	
								Primer	/ Sekunder					
1	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	150 kV	AREVA	P122	300	/	1	0,92	276	0,35	SI
2	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	20 kV	AREVA	P122	2000	/	5	5	2000	0,25	SI
3	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	SBEF	AREVA	P120	1000	/	5				N/A
4	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	LI-1	AREVA	P142	800	/	5	3	480	0,14	SI
5	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	LI-2	AREVA	P123	600	/	5	4	480	0,14	SI
6	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	LI-3	AREVA	P123	600	/	5	4	480	0,14	SI
7	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	LI-4	AREVA	P123	600	/	5	4	480	0,14	SI
8	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	LI-5	AREVA	P142	800	/	5	3	480	0,14	SI
9	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	LI-6	AREVA	P142	800	/	5	3	480	0,14	SI
10	MEDAN	GLUGUR	LISTRIK	TD2	LI-7	AREVA	P142	800	/	5	3	480	0,14	SI

Lampiran 2. Data Arus Hubung Singkat PLN GIS Listrik Medan

DATA ARUS HUBUNG SINGKAT UPT MEDAN								
*Digsilent 28 Desember 2021								
Gardu Induk	Isc (Amp)		Positive Seq. (pu)		Negative Seq. (pu)		Zero Seq. (pu)	
	1phs	3phs	R1	X1	R2	X2	Ro	Xo
GIS Listrik	19514	20947	0,00513	0,02047	0,0053	0,02039	0,00478	0,02476

Lampiran 3. Data spesifikasi trafo daya 2



ORDER No. P060LEC879 - 08
MANUFACTURE UNINDO
ORDER TYPE OIL IMMERSED
MODEL IEC 60076
POWER 36 / 60 MVA
FREQUENCY 50 Hz
COOLING ONAN / ONAF
PHASES 3
BASE TOP OIL / WINDING / HOTSPOT 50 K / 55 K / 68 K
UNDER PRESSURE LEVEL ONAN / ONAF 67 dB at 0.3 m / 71 dB at 2 m
BASE AMBIENT / ALTITUDE 30 °C / < 1000 m
CONSERVATOR AND RADIATORS WITHSTANDING
MINIMUM AND PRESSURE 0.133 kPa / 135 kPa (absolute)
MINIMUM SEISMIC DISTURBANCE 0.25 g
INSULATION OIL UN-INHIBITED OIL, NYNAS LIBRA
MINIMUM CIRCUIT CURRENT CAP.(2 SEC) HV: 40kA / LV: 25 kA
PROTECTION LEVEL HV : AC 275 / LI 650
 HVN : AC 38 / LI 95
 LV : AC 50 / LI 125
 LVN : AC 50 / LI 125
 TV : AC 28

TAP CHANGER	
MANUFACTURE	ABB - SWEDEN
TYPE	VUCGRN 380/450/C FC100.1
NUMBER	1
VOLTAGE	3 Phase / 400 V
RUNNING POWER	0.5

APPROXIMATE WEIGHTS	
- WINDING	17800
- UNTANKING	65000
- TANK & FITTINGS	18600
- OIL (20500 LITER)	18000
- TOTAL	101500

POSITION OF REVERSING CHANGE OVER SELECTOR	TAP SELECTOR CONTACTS	POSITION OF OLTC	HIGH VOLTAGE		LOW VOLTAGE	
			TAPPING VOLTAGE (V _{H0})	TAPPING CURRENT (A)	RATED VOLTAGE (V _{L0})	RATED CURRENT (A)
			ONAN	ONAF	ONAN	
1	1	1	166.000	128.0	209.9	
2	2	2	163.125	127.4	212.4	
3	3	3	161.250	126.9	214.8	
4	4	4	159.375	126.4	217.4	
5	5	5	157.500	126.0	219.9	
6	6	6	155.625	125.6	222.6	
7	7	7	153.750	125.2	225.3	
8	8	8	151.875	124.9	228.1	
9	9A	9	150.000	124.6	230.9	
10	10	10	148.125	124.4	233.8	
11	11	11	146.250	124.1	236.8	
12	12	12	144.375	123.8	239.8	
13	13	13	142.500	123.5	242.9	
14	14	14	140.625	123.2	246.3	
15	15	15	138.750	122.9	249.7	
16	16	16	136.875	122.7	253.1	
17	17	17	135.000	122.5	256.8	

LOAD CAPABILITY AT MAX. HOTSPOT TEMP. 120°C, AMBIENT 30°C
 60 MVA, 90 MVA, 60 MVA
 HOUR

	HIGH VOLTAGE	LOW VOLTAGE	TERTIARY VOLTAGE
POWER in MVA (ONAN/ONAF)	36 / 60	36 / 60	12 / 20
VOLTAGE in KV	150	22	10
CURRENT in A. (ONAN/ONAF)	136.6 / 230.9	944.8 / 1674.8	400.0 / 906.7 / 43
CONNECTION	STAR	STAR	DELTA
PHASE	1U 1V 1W	2U 2V 2W	3U1 3W2
PHASE	1N	2N	

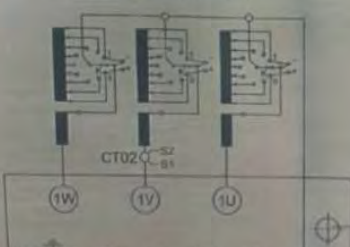
NO LOAD LOSSES @100% UR (kW)
 GUARANTEED: 30
 MEASUREMENT: 29.423

LOAD LOSSES @75°C (kW)

MEASUREMENT	TAP 1	TAP 5	TAP 17	BASE MVA
HV - LV	118.099	118.694	118.105	60
GUARANTEED		115		

IMPEDANCE VOLTAGE @75°C (%)

MEASUREMENT	TAP 1	TAP 5	TAP 17	BASE MVA
HV - LV	12.77	12.15	11.30	60
GUARANTEED		12.5		

CONNECTION DIAGRAM


TRANSFORMERS

DESIGNATION	TYPE	CLASS	ONAN/ONAF	PURPOSE
CT02	OLTC	FC100.1	1	MEASUREMENT

Lampiran 4. Single Line Diagram PLN GIS Listrik Medan

