

**ANALISIS PENERAPAN SETTING MULTIFEEDER PADA RELAI INCOMING
BAY TRAF0 1 GARDU INDUK PARINGIN UNTUK MENGATASI KALKULASI
ARUS DAN WAKTU AKIBAT GANGGUAN DUA PENYULANG SECARA
BERSAMAAN**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1

Pada Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Sultan Agung



DISUSUN OLEH :

RACHMAD ADY SETIAWAN

NIM 30602200222

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2025

FINAL PROJECT

***ANALYSIS OF THE MULTIFEEDER SETTING IMPLEMENTATION ON THE
INCOMING RELAY BAY TRANSFORMER 1 AT PARINGIN SUBSTATION TO
ADDRESS CURRENT AND TIME CALCULATION DUE TO TOGETHER
FAULTS IN TWO FEEDERS***

Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at

Departement of Electrical Engineering

Faculty of Industrial Technology

Universitas Islam Sultan Agung



Arranged By :

RACHMAD ADY SETIAWAN

NIM 30602200222

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY INDUSTRIAL TECHNOLOGY

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PENERAPAN SETTING MULTIFEEDER PADA RELAI INCOMING BAY TRAF0 1 GARDU INDUK PARINGIN UNTUK MENGATASI KALKULASI ARUS DAN WAKTU AKIBAT GANGGUAN DUA PENYULANG SECARA BERSAMAAN” ini disusun oleh:

Nama : Rachmad Ady Setiawan

NIM : 30602200222

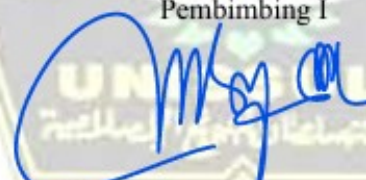
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 07 Maret 2025

Pembimbing I


Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, M.T., IPM.
NIDN. 0628086501

Mengetahui,

Ka Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, S.T., MT.
000325

NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PENERAPAN SETTING MULTIFEEDER PADA RELAI INCOMING BAY TRAF0 1 GARDU INDUK PARINGIN UNTUK MENGATASI KALKULASI ARUS DAN WAKTU AKIBAT GANGGUAN DUA PENYULANG SECARA BERSAMAAN” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Jumat
Tanggal : 07 Maret 2025

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dr. Ir. H. Sukarno Budi Utomo, M.T.
NIDN : 0619076401
Ketua

Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.
NIDN : 0607018501
Penguji I

Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, M.T., IPM.
NIDN : 0628086501
Penguji II

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rachmad Ady Setiawan
NIM : 30602200222
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“ANALISIS PENERAPAN SETTING MULTIFEEDER PADA RELAI INCOMING BAY TRAFO 1 GARDU INDUK PARINGIN UNTUK MENGATASI KALKULASI ARUS DAN WAKTU AKIBAT GANGGUAN DUA PENYULANG SECARA BERSAMAAN”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 7 Maret 2025

Yang Menyatakan

A 10,000 Rupiah Indonesian banknote is shown with a black ink signature written over it. The signature is stylized and appears to be 'Rachmad Ady Setiawan'. The banknote features the Garuda Pancasila emblem and the serial number A8224AMX062331503.

Rachmad Ady Setiawan

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rachmad Ady Setiawan

NIM : 30602200222

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **“ANALISIS PENERAPAN SETTING MULTIFEEDER PADA RELAI INCOMING BAY TRAFO 1 GARDU INDUK PARINGIN UNTUK MENGATASI KALKULASI ARUS DAN WAKTU AKIBAT GANGGUAN DUA PENYULANG SECARA BERSAMAAN”** dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti non-eksklusif untuk disimpan, dialih mediakan, dikelola dalam pangkalan data dan publikasinya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung

Semarang, 7 Maret 2025

Yang Menyatakan



Rachmad Ady Setiawan

HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO

Persembahan :

Pertama,

Tugas Akhir ini akan saya persembahkan kepada kedua orangtua saya yang saya cintai yang sudah membesarkan saya, memberikan dukungan dan menjadi motivasi hidup saya dalam menyelesaikan studi saya hingga saat ini. Dan juga Istri dan anak yang saya sayangi,, saudara saya yang sudah menyemangati sehingga menunjang untuk dapat menyelesaikan perkuliahan.

Kedua,

Untuk Dosen pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan ilmu, saran dan pengarahannya. Untuk Bapak Manager ULTG Barabai dan teman - teman karyawan PLN ULTG Barabai yang sudah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Ketiga,

Untuk teman seperjuangan tugas akhir yang saling memberikan dukungan.

Motto :

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Al-Baqarah : 286)

"Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan."
(Al-Insyirah: 5)

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah nasib mereka sendiri."

(Ar-Ra'd: 11)

"Keberhasilan bukanlah hal yang akhir, kegagalan bukanlah hal yang fatal: Yang penting adalah keberanian untuk terus melangkah."

Winston Churchill

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Penerapan Setting Multifeeder Pada Relai Incoming Bay Trafo 1 GI Paringin Untuk Mengatasi Kalkulasi Arus Dan Waktu Akibat Gangguan Dua Penyulang Secara Bersamaan”. Shalawat serta salam kita curahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya. Aamiin.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penulis menyadari untuk mengerjakan tugas akhir ini banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu selama menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan sangat hormat mengucapkan terimakasih sebesar- besarnya dan mendoakan semoga Allah SWT memberikan balasan terbaik kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan agung Semarang.
4. Bapak Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, M.T., IPM. selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam SultanAgung Semarang atas ilmu, bimbingan dan bantuannya hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Untuk kedua orangtua, Istri dan Anak serta keluarga yang senantiasa

memberikan do'a, semangat, dukungan, dan kasih sayang yang tiada hentinya kepada penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.

7. Kepada seluruh karyawan ULTG Barabai yang sudah membantu dalam pembuatan laporan Tugas Akhir Ini.

Penulis menyadari dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini banyak sekali kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Penulis meminta maaf dan juga menerima kritik maupun saran yang membangun, sehingga kedepannya Tugas Akhir ini menjadi lebih baik lagi. Peneliti berharap semoga laporan ini memberi manfaat dan dapat dijadikan referensi agar dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi. Semoga Allah Ta'ala, senantiasa melimpahkan rahmat dan ridha- Nya kepada kita semua.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 31 Januari 2025

Rachmad Ady Setiawan



DAFTAR ISI

ANALISIS PENERAPAN SETTING MULTIFEEDER PADA RELAI INCOMING BAY TRAF0 1 GARDU INDUK PARINGIN UNTUK MENGATASI KALKULASI ARUS DAN WAKTU AKIBAT GANGGUAN DUA PENYULANG SECARA BERSAMAAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	8
BAB III METODE PENELITIAN.....	23

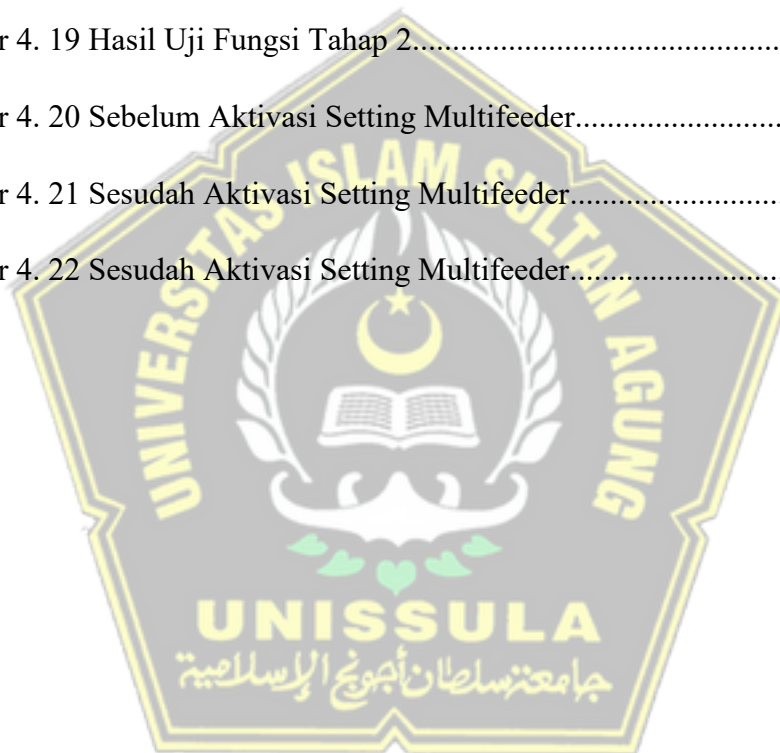
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2 Metode Penelitian.....	23
BAB IV DATA DAN ANALISIS.....	27
4.1 Temuan Lapangan.....	27
4.2 Metode Perbaikan.....	33
4.3 Pengujian dan Hasil Perbaikan.....	43
BAB V KEIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 KESIMPULAN.....	52
5.2 SARAN.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	54



DAFTAR GAMBAR

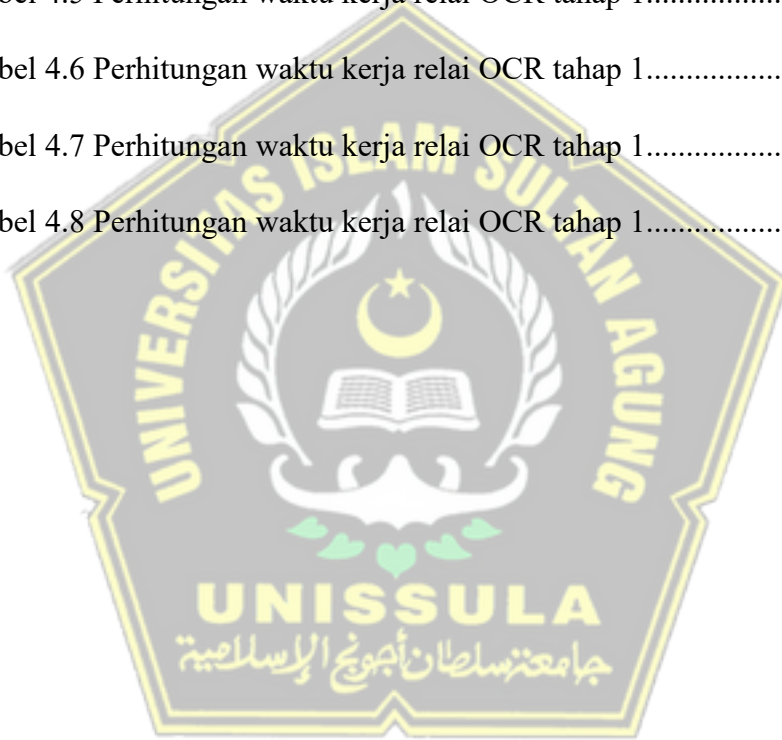
Gambar 2. 1 Elemen – Elemen Sistem Proteksi.....	10
Gambar 2. 2 Grafik Instantaneous.....	15
Gambar 2. 3 Grafik Definite Time.....	16
Gambar 2. 4 Kurva Karakteristik Standard Inverse.....	17
Gambar 2. 5 Kurva Karakteristik Very Inverse.....	18
Gambar 2. 6 Kurva Karakteristik Extremely Inverse.....	19
Gambar 2. 7 Kurva Karakteristik Long Time Inverse.....	20
Gambar 2. 8 Skema Koordinasi Relai Cadangan.....	12
Gambar 2. 9 Standard Besaran Setting Relai Backup Bay Trafo.....	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4. 1 Rekaman Gangguan Penyulang PRN 04.....	27
Gambar 4. 2 analisis Waktu Trip PRN 04.....	28
Gambar 4. 3 Rekaman Event relai PRN 03.....	28
Gambar 4. 4 Rekaman relai Incoming.....	29
Gambar 4. 5 Perhitungan Waktu Kerja Relai Incoming.....	30
Gambar 4. 6 Proses Terjadinya Gangguan.....	30
Gambar 4. 7 Struktur Kondisi Jaringan PRN 04 dan PRN 03.....	31
Gambar 4. 8 SLD Penyulang 20 kV GI Paringin.....	32
Gambar 4. 9 Runtutan Kejadian Gangguan.....	32
Gambar 4. 10 Kurva Koordinasi Setting GFR relai Backup.....	34
Gambar 4. 11 Rangkaian Logika Skema Setting Multifeeder.....	35

Gambar 4. 12 Input Setting OCR Pada Relai Incoming.....	39
Gambar 4. 13 Input Setting GFR Pada Relai Incoming.....	39
Gambar 4. 14 Setting Logic Kontak Output dan Led Relai Incoming.....	40
Gambar 4. 15 Logic Output Kontak Relai Penyulang.....	42
Gambar 4. 16 Diagram Pengawatan.....	42
Gambar 4. 17 Hasil Uji Karakteristik Tahap 1.....	45
Gambar 4. 18 Hasil Uji Karakteristik Tahap 2.....	48
Gambar 4. 19 Hasil Uji Fungsi Tahap 2.....	49
Gambar 4. 20 Sebelum Aktivasi Setting Multifeeder.....	49
Gambar 4. 21 Sesudah Aktivasi Setting Multifeeder.....	50
Gambar 4. 22 Sesudah Aktivasi Setting Multifeeder.....	51



DAFTAR TABEL

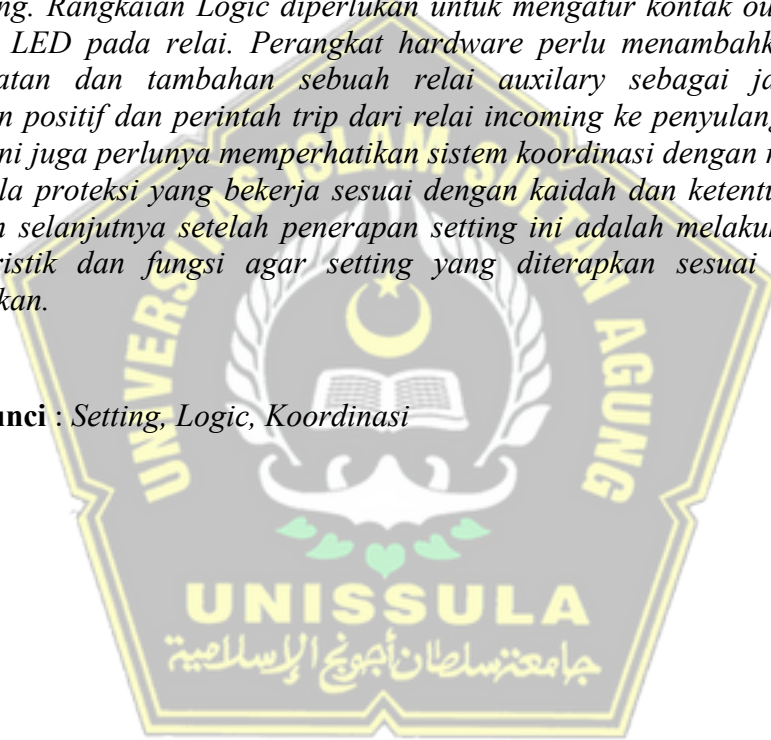
Tabel 2. 1 Faktor α dan β	21
Tabel 4. 1 Scanning Setting Relai Backup Bay Trafo 1 GI Paringin.....	33
Tabel 4. 2 Data Trafo Daya 1 GI Paringin.....	36
Tabel 4. 3 Besaran Setting Yang Akan Diinputkan Pada Relai.....	38
Tabel 4. 4 Penjelasan dari gambar logic diatas.....	40
Tabel 4.5 Perhitungan waktu kerja relai OCR tahap 1.....	43
Tabel 4.6 Perhitungan waktu kerja relai OCR tahap 1.....	44
Tabel 4.7 Perhitungan waktu kerja relai OCR tahap 1.....	46
Tabel 4.8 Perhitungan waktu kerja relai OCR tahap 1.....	47



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi gangguan relai incoming yang disebabkan oleh gangguan 2 penyulang atau lebih, dikarenakan adanya pembacaan kalkulasi arus dan waktu gangguan pada relai incoming, sehingga sistem koordinasi waktu kerja antara relai penyulang dan incoming tidak berjalan sesuai dengan ketentuan dan kaidahnya. Skema setting multifeeder ini bekerja dengan menambah satu step setting pada relai incoming yang nantinya jika besaran setting tersebut terpenuhi karena adanya gangguan, maka akan memberikan perintah open ke seluruh CB penyulang dengan syarat penyulang tersebut mengalami pickup. Implementasi skema setting ini merupakan gabungan antara perangkat software dan hardware. Perangkat software perlu menambahkan setting dan rangkaian logic pada relai incoming dan relai penyulang. Rangkaian Logic diperlukan untuk mengatur kontak output relai dan indikasi LED pada relai. Perangkat hardware perlu menambahkan rangkaian pengawatan dan tambahan sebuah relai auxiliary sebagai jalur pengirim tegangan positif dan perintah trip dari relai incoming ke penyulang. Penerapan setting ini juga perlunya memperhatikan sistem koordinasi dengan relai yang lain, agar pola proteksi yang bekerja sesuai dengan kaidah dan ketentuan yang ada. Langkah selanjutnya setelah penerapan setting ini adalah melakukan pengujian karakteristik dan fungsi agar setting yang diterapkan sesuai dengan yang diharapkan.

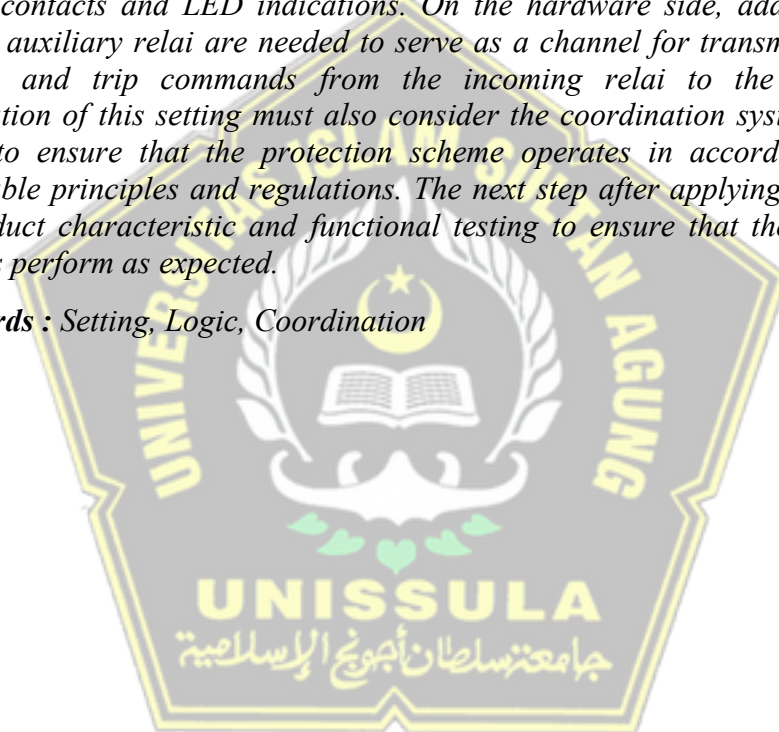
Kata kunci : Setting, Logic, Koordinasi



ABSTRACT

This research aims to address disturbances in the incoming relai caused by faults affecting two or more feeders. These disturbances arise due to the calculation of current and fault time readings on the incoming relai, resulting in a lack of proper coordination between the feeder relai and the incoming relai according to the established rules and principles. The multifeeder setting scheme operates by adding one additional setting step to the incoming relai. If this setting threshold is met due to a fault, it will command all feeder circuit breakers (CB) to open, provided that the affected feeders experience pickup. The implementation of this setting scheme combines both software and hardware components. On the software side, it requires additional settings and logic circuits for both the incoming relai and feeder relais. Logic circuits are necessary to regulate the relai output contacts and LED indications. On the hardware side, additional wiring and an auxiliary relai are needed to serve as a channel for transmitting positive voltage and trip commands from the incoming relai to the feeders. The application of this setting must also consider the coordination system with other relais to ensure that the protection scheme operates in accordance with the applicable principles and regulations. The next step after applying this setting is to conduct characteristic and functional testing to ensure that the implemented settings perform as expected.

Keywords : Setting, Logic, Coordination



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi tenaga listrik merupakan suatu energi primer yang dibutuhkan bagi masyarakat untuk menunjang kegiatan sehari – hari. Pada waktu yang semakin berkembang, kebutuhan energi listrik akan semakin meningkat, selain perlengkapan rumah tangga, untuk saat ini alat transportasi sudah mulai beralih memakai sumber daya energi listrik.

Gardu Induk (GI) 150 kV Paringin merupakan gardu induk yang menyuplai kebutuhan kelistrikan di Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan. Gardu Induk Paringin mempunyai satu bay trafo daya dengan kapasitas 60 MVA dengan rata - rata beban trafo daya setiap harinya sekitar 10.5 MW. Daya trafo tersebut disalurkan melalui 4 jaringan penyulang yaitu penyulang PRN 01, PRN 02, PRN 03, dan PRN 04.

Struktur jaringan penyulang PRN 01 dan PRN 02 berada pada satu tiang distribusi 20 kV sedangkan PRN 03 dan PRN 04 juga berada pada satu tiang distribusi. Penyulang PRN 02 dan PRN 03 sama - sama menyuplai Gardu Hubung Balangan.

Karena faktor efisien dan ekonomis, kondisi struktur satu tiang distribusi 20 kV dengan dua atau lebih penyulang (multifeeder) dengan konduktor jenis ACSR tanpa isolasi sangat banyak terjadi di lapangan. Hal tersebut mengakibatkan seringnya terjadi gangguan 2 atau lebih gangguan penyulang secara bersamaan karena berada pada satu tiang distribusi yang sama.

Gangguan 2 atau lebih penyulang secara bersamaan mengakibatkan gangguan relai incoming, karena adanya kalkulasi arus dan waktu gangguan. Regulasi setting yang diterapkan sekarang merupakan skema untuk mengatasi gangguan satu jaringan penyulang saja. Dampak jika relai incoming trafo daya GI paringin trip sangat besar, karena akan menyebabkan padamnya seluruh wilayah Kabupaten Balangan, oleh karena itu citra perusahaanpun juga akan menurun.

Untuk mengatasi masalah gangguan dua penyulang secara bersamaan yang menyebabkan relai incoming trip, perlu dicarikan solusi dengan menerapkan setting multifeeder pada relai Incoming, sehingga kinerja proteksi semakin selektif dan andal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah utama dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mengatasi agar relai incoming tidak trip jika terjadi gangguan dua atau lebih penyulang secara bersamaan?
2. Bagaimana cara kerja setting multifeeder pada relai incoming?
3. Bagaimana perbandingan sebelum dan sesudah penerapan setting multifeeder pada relai incoming bay trafo daya 1 GI Paringin?

1.3 Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang diatas tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui cara agar relai incoming tidak trip jika terjadi gangguan dua atau lebih penyulang secara bersamaan
2. Mengetahui cara kerja setting multifeeder pada relai incoming
3. Mengetahui perbandingan sebelum dan sesudah penerapan setting multifeeder pada relai incoming bay trafo daya 1 GI Paringin

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis permasalahan pada bay trafo daya 1 GI Paringin
2. Membahas tujuan dan analisis kerja pengaktifan setting multifeeder pada relai incoming

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan keandalan dari sistem proteksi yang sesuai dengan kaidahnya
2. Menyalurkan tenaga listrik secara optimal, sehingga penjualan dan pendapatan perusahaan dapat lebih optimal
3. Meningkatkan kepuasan pelanggan

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan memberikan gambaran secara garis besar, dalam hal ini dijelaskan secara rinci dari masing-masing bab dari setiap laporan. Berikut sistematika penulisan ini :

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian ini mencakup pendahuluan penelitian, perumusan masalah, batasan penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, keaslian penelitian, serta sistematika penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini berisi tentang tinjauan pustaka dari penelitian yang lain serta dasar teori sistem proteksi dan rumus perhitungan penentuan setting relai proteksi.

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini mencakup uraian mengenai metode penelitian yang diterapkan, lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, langkah-langkah prosedur penelitian dalam pengimplementasian setting multifeeder.

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari

penelitian penerapan setting multifeeder pada relai incoming Bay Trafo 1 GI Paringin

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan merekomendasikan untuk penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setting multifeeder ini merupakan sebuah karya inovasi dari Tim inovasi Unit Induk Pusat Penyaluran dan Pengatur Beban (UIP3B) Sulawesi, dimana penerapannya di wilayah kerja UIP3B Sulawesi sudah hampir 100%, dan penerapan multifeeder ini diadopsi oleh UIP3B Kalimantan untuk nantinya akan diterapkan diseluruh gardu induk di wilayah kerja UIP3B Kalimantan. Tujuan dari penerapan setting multifeeder ini adalah jika terjadi gangguan 2 penyulang atau lebih secara bersamaan CB incoming tidak trip dan gangguan tidak meluas, sehingga keandalan dapat ditingkatkan (*PPT KS MULTIFEEDER FINAL*, n.d.).

Penelitian yang dilakukan oleh Agung Nugroho dan Tejo Sukmadi tentang koordinasi over current relai (OCR) sisi incoming 1 dengan OCR sisi outgoing KLS 03 pada GI Kalisari. Suatu peralatan proteksi harus dikoordinasikan untuk memastikan bahwa peralatan yang terdekat di titik terdekat gangguan harus dioperasikan terlebih dahulu. Oleh karena itu penulis membahas tentang koordinasi setting OCR dan mengujinya untuk mengetahui kondisi relai proteksi incoming dan outgoing tersebut (Nugroho & Sukmadi, 2017).

Pada tugas akhir sebelumnya yang dibuat oleh Muhammad Fiqri yang berjudul analisis koordinasi relai arus lebih pada feeder bay trafo daya 2 di PT. PLN GIS Listrik Menggunakan ETAP 16.0.0. Pada tugas akhir tersebut penulis menganalisis koordinasi relai arus lebih pada relai incoming dan outgoing dengan tahap perhitungan kemudian mensimulasikan dengan menggunakan aplikasi bantu yaitu ETAP 16.0.0 (Fiqri, 2023).

Gangguan-gangguan yang sering terjadi pada operasi sistem tenaga listrik dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen, sehingga menimbulkan arus hubung singkat yang cukup besar, untuk menghindari akibat gangguan tersebut diperlukan perlindungan jaringan dengan memasang suatu relay proteksi. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan simulasi

menggunakan software ETAP dan perhitungan arus hubung singkat serta setting waktu kerja relay arus lebih (Agi, Sarinah, Dia Savitri, Feby Ardianto, and Bengawan Alfaresi, 2019).

Ketika pendistribusian listrik dari pembangkit menuju konsumen, terjadi beberapa gangguan yang tidak terhindarkan. Dalam penelitian, peneliti melakukan kalkulasi setting relay dan TMS pada relay DGR dan OCR serta menganalisis sistem proteksi relay gangguan tanah (DGR) dan proteksi relay arus lebih (OCR) di trafo distribusi 20kV penyulang Simo Kwagean Ketika timbul masalah hubung singkat (Novia, Candra, Hadi Tasmono, and Reza Sarwo Widagdo, 2023).

Dalam kehidupan manusia energi listrik adalah kebutuhan primer yang sangatlah penting. Dalam pendistribusian tenaga listrik adapun gangguan baik di dalam sistem maupun diluar jaringan distribusi, salah satunya adalah hubung singkat yang dapat mengakibatkan kerusakan sistem pada peralatan distribusi dan beban listrik. Oleh karena itu, diperlukan perhatian yang lebih untuk melindungi kerugian yang disebabkan adanya gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik. Untuk mengatasi masalah tersebut penulis menggunakan perangkat proteksi relai arus lebih (Elvi Idriana, Raihan Putri, Selamat Meliala, Dedi Fariadi, 2021).

Dalam sistem penyaluran listrik, banyak kendala atau gangguan yang terjadi. Faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan sistem tenaga listrik antara lain disebabkan oleh keadaan alam, kelebihan beban, kawat penghantar putus serta gangguan hubung singkat. Untuk mengatasi gangguan tersebut dan melindungi peralatan listrik maka dipasang relay pengaman. Salah satu relai pengaman pada penyulang yaitu over current relay (OCR), Relai ini berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari kerusakan yang diakibatkan arus berlebih. Pada penelitian ini membahas setting OCR yang ada pada penyulang sungai iyu di gardu induk tualang cut (Tobi Pangestu, Mhd, and Misbahul Jannah, 2022).

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan listrik ke konsumen, sehingga kerja dari sistem proteksi membutuhkan keandalan dalam menjaga peralatan penyaluran dari gangguan

diantaranya gangguan hubung singkat. Meminimalisir gangguan tersebut diperlukan sistem proteksi yang memenuhi persyaratan sensitifitas, keandalan, selektifitas dan kecepatan, yang semuanya tergantung pada ketepatan dalam setting peralatan proteksinya. Salah satu peralatan proteksi yang digunakan adalah relai arus lebih (OCR) dan relai hubung tanah (GFR) (Indrajaya Putra, Adhitya, and Bambang Winardi, 2017).

Pada sistem distribusi tenaga listrik, tepatnya mulai dari wilayah Gardu Induk (GI) hingga ke sisi konsumen, terdapat banyak sekali macam gangguan yang terjadi, salah satu gangguan yang banyak ditemui dalam distribusi tenaga listrik ialah gangguan hubung singkat. Penyebab utama dari gangguan ini ialah terdapatnya benda asing yang menempel pada jaringan, baik yang menghubungkan jaringan antar fasa ke fasanya atau yang biasa disebut dengan gangguan fasa - fasa, maupun yang menghubungkan langsung fasa ke tanah yang biasa disebut dengan gangguan fasa - tanah (Bambang winardi, Karnoto and Adhitya, 2021).

Peralatan proteksi yang biasa digunakan pada sistem tegangan menengah adalah pemutus tenaga yang kerjanya diperintah oleh relay arus lebih incoming 20 kV untuk menyalurkan tenaga listrik ke beberapa outgoing feeder. Antara PMT incoming 20 kV dan PMT outgoing 20 kV harus ada koordinasi yang baik. Namun pada kenyataannya, dari beberapa gangguan disebabkan karena kesalahan koordinasi proteksi akan menyebabkan overlap antara pengaman di incoming 20 kV dengan pengaman di outgoing 20 kV dan mengakibatkan blackout di semua penyulang (Madani, Moh et al, 2019).

Gardu induk adalah salah satu komponen sistem tenaga listrik yang memegang peranan penting dalam penyaluran energi listrik dan pengaturan beban. Pada penyaluran energi listrik diperlukan kontinuitas pelayanan yang baik kepada konsumen (Januwardi, Didin, 2019).

Dari beberapa penelitian diatas yang dijadikan sumber referensi dalam penyusunan skripsi ini. Teori pendukung diatas memiliki perbedaan dengan skripsi yang penulis susun, penulis lebih fokus untuk membahas rangkaian pengawatan dan setting pada relai incoming pada bay trafo 1 GI Paringin,

sedangkan penelitian diatas lebih fokus hanya di analisis kesesuaian koordinasi setting antara incoming dan outgoing.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Relai Proteksi

Relai proteksi adalah suatu perlengkapan untuk mendeteksi gangguan atau kondisi ketidaknormalan pada sistem tenaga listrik, dalam rangka untuk membebaskan / mengisolasi gangguan, menghilangkan kondisi tidak normal, dan untuk menghasilkan sinyal atau indikasi. Waktu kerja relai adalah rentang waktu sejak gangguan muncul sampai dengan saat kontak output relai bekerja, sedangkan waktu pembebasan gangguan (Fault Clearing Time) adalah rentang waktu sejak gangguan muncul sampai gangguan dibebaskan dari sistem (PT. PLN (Persero), 2013).

2.2.2 Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah pengaturan atau koordinasi dari satu atau lebih peralatan proteksi, dan peralatan lain untuk melakukan satu atau lebih fungsi proteksi tertentu (PT. PLN (Persero), 2013). Tujuan dari sistem proteksi adalah untuk mendeteksi kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik dan memerintahkan PMT untuk trip sehingga dapat memisahkan peralatan yang terganggu dan yang normal. Selain itu fungsi dari peralatan proteksi juga untuk mengamankan peralatan dari kerusakan dan meminimalisasi bahaya pada manusia.

2.2.2.1 Elemen – Elemen Sistem Proteksi

Elemen – elemen sistem proteksi adalah suatu peralatan yang diperlukan untuk membentuk suatu sistem proteksi. Elemen – elemen sistem proteksi tersebut adalah (PT. PLN (Persero), 2013) :

1. Transformator Arus / Transformator Tegangan

Transformator 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

Transformator tegangan (Potensial Transformer – PT) yaitu peralatan untuk mentransformasikan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah guna pengukuran atau proteksi dan sebagai isolasi antara sisi tegangan yang diukur / diproteksi dengan alat ukurnya atau proteksinya.

2. Relai Pengaman

Relai pengaman adalah perangkat yang digunakan dalam sistem kelistrikan untuk melindungi peralatan dari kerusakan akibat gangguan, seperti arus lebih, tegangan berlebih, hubungan singkat, atau kondisi operasi abnormal lainnya. Relai ini bekerja dengan mendeteksi adanya gangguan dan kemudian memberikan sinyal untuk memutuskan rangkaian listrik melalui pemutus sirkit (circuit breaker).

3. Pemutus Tenaga (PMT) / Circuit Breaker (CB)

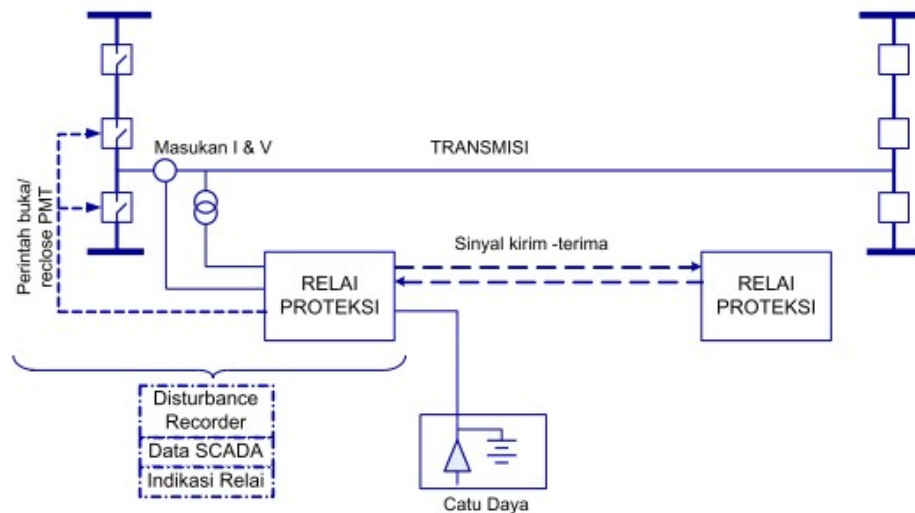
Pemutus tenaga adalah perangkat listrik yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik pada kondisi normal maupun saat terjadi gangguan dalam kondisi berbeban.

4. Power Supply / Catu Daya

Power supply berfungsi untuk menyuplai daya ke relai proteksi dan PMT agar relai tersebut dapat mengolah informasi yang diterima dan memberikan perintah ke PMT yang diperlukan. Dengan power supply tersebut PMT dapat melaksanakan perintah yang diterima dari relai pengaman.

5. Pengawatan

Pengawatan adalah proses pemasangan dan penyusunan kabel dalam instalasi listrik untuk menghubungkan berbagai komponen dan elemen – elemen proteksi tersebut, sehingga membentuk suatu sistem proteksi.



Gambar 2. 1 Elemen – Elemen Sistem Proteksi

(PT. PLN (Persero), 2013)

2.2.2.2 Persyaratan Relai Proteksi

Syarat - syarat agar peralatan relai pengamanan dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar adalah (PT. PLN (Persero), 2013) :

1. Sensitif

Sistem proteksi harus mampu mendeteksi sekecil apapun ketidaknormalan sistem dan beroperasi dibawah nilai minimum gangguan. Studi koordinasi sistem proteksi harus dilakukan untuk menentukan sensitivitas seting dan memastikan relai bekerja dengan benar.

2. Selektif

Relai proteksi harus dapat bekerja sesuai daerah / wilayah kerjanya dan fasa yang terganggu, selain itu relai proteksi harus dapat membedakan kondisi normal dan kondisi gangguan / abnormal.

3. Andal

Kemungkinan suatu sistem proteksi dapat bekerja benar sesuai fungsi yang diinginkan dalam kondisi dan jangka waktu tertentu (IEV 448-12-05). Proteksi diharapkan bekerja pada saat kondisi yang diharapkan terpenuhi dan tidak boleh bekerja pada kondisi yang tidak diharapkan cepat

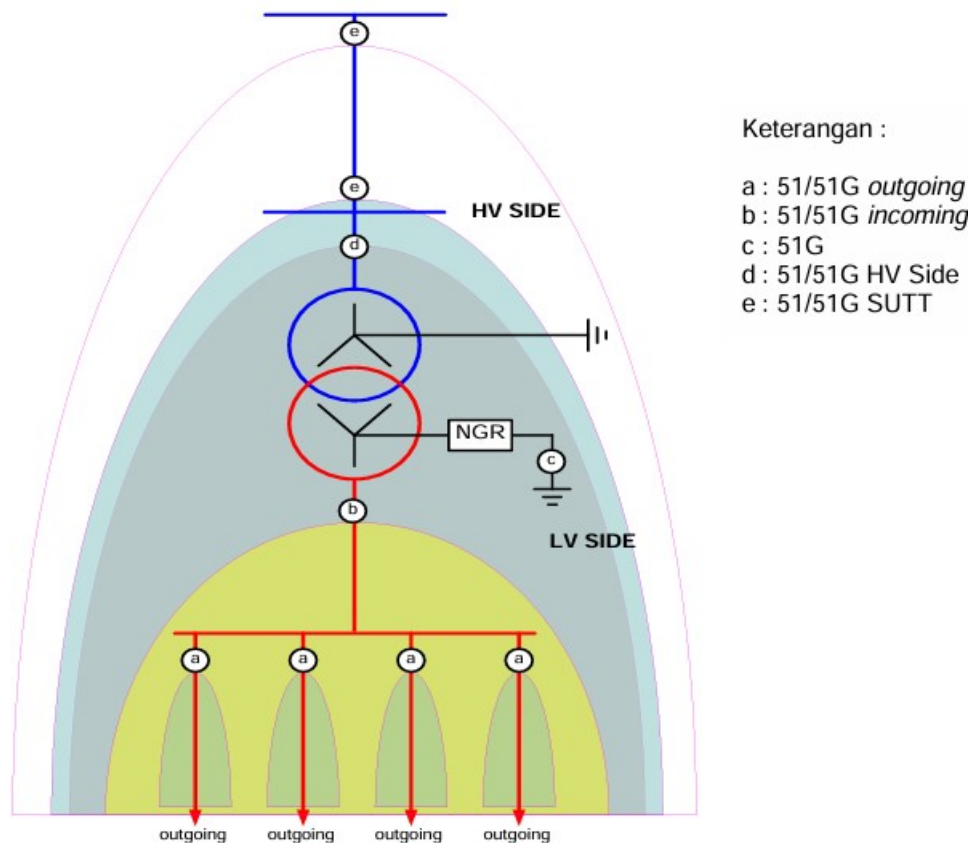
4. Cepat

Relai harus cepat bereaksi / bekerja sesuai dengan setting waktu yang ditentukan, sehingga terhindar dari kerusakan peralatan dan gangguan sistem yang meluas.

2.2.3 Proteksi Elektrik Transformator Daya

Proteksi Elektrik Transformator Daya terbagi menjadi dua yaitu proteksi utama dan proteksi cadangan, proteksi utamanya yaitu relai differential, relai REF HV dan REF LV. Fungsi utama dari proteksi utama transformator yaitu sebagai pengamanan transformator dari gangguan di daerah kerjanya atau diantara CT 20 kV dan CT 150 kV, yang bekerja dengan membandingkan arus dan sudut dari kedua CT tersebut.

Proteksi cadangan transformator adalah relai yang bekerja untuk mengamankan transformator dari gangguan luar yang tidak bisa dideteksi oleh relai proteksi utama, Jika gangguan dari luar tidak segera di isolasi akan menyebabkan pemanasan lebih (overheating) dan kerusakan pada transformator. Relai cadangan pada transformator yaitu OCR/GFR, yang terdiri dari relai outgoing / prnyulang, relai incoming (LV 20kV), relai SBEF dan Relai OCR/GFR HV 150 kV. Yang kerja dari masing – masing relai tersebut dikoordinasikan satu sama lain dengan mengatur setting waktu tunda tripnya. Berikut adalah skema koordinasi relai cadangan pada transformator daya (PT. PLN (Persero), 2013).



Gambar 2. 8 Skema Koordinasi Relai Cadangan (PT. PLN (Persero), 2013)

Urutan kerja relai cadangan transformator jika terjadi gangguan di luar adalah sebagai berikut :

1. Relai OCR/GFR Outgoing

Relai OCR/GFR Outgoing atau yang biasa disebut juga dengan relai penyulang merupakan relai pertama yang bertugas untuk melokalisasi gangguan yang berada di jaringan penyulang itu dengan memberikan perintah trip / buka pada PMT penyulang tersebut. Setting arus dan waktu tunda relai ini lebih kecil dari pada relai yang lain.

2. Relai OCR/GFR Incoming

Relai OCR/GFR Incoming merupakan relai yang bekerja jika relai outgoing gagal bekerja, oleh karena itu relai incoming juga bisa disebut backup pengaman dari relai outgoing. Selain itu relai incoming juga akan bekerja jika gangguan berada di busbar 20kV, relai akan memberikan perintah trip atau open pada PMT incoming, sehingga jika relai ini bekerja

maka dampak yang padam akan luas. Setting arus dan waktu tunda dari incoming ini lebih besar dari setting OCR/GFR relai outgoing.

3. Relai GFR SBEF

Relai GFR SBEF adalah relai yang bekerja untuk mengamankan NGR trafo dari gangguan fasa ke tanah. Relai ini bekerja dengan setting arus dan waktu tunda maksimal 50% dari waktu ketahanan NGR. Pada regulasi yang lama relai SBEF bekerja untuk memerintahkan trip / open pada PMT 150 kV dan 20 kV secara bersamaan, namun pada saat ini SBEF dibagi menjadi 2 stage, untuk memberikan perintah trip ke PMT Incoming 20 kV terlebih dahulu dan jika gangguan masih ada relai akan memerintahkan trip ke PMT 150kV.

4. Relai OCR/GFR HV

Relai OCR/GFR HV pada transformator merupakan relai proteksi terakhir pada bay transformator yang bekerja dengan jangkauan yang lebih luas dari pada relai yang lain, relai ini bekerja sebagai backup proteksi jika relai utama (differential dan REF) tidak bekerja serta backup pada relai outgoing dan relai incoming jika tidak bekerja.

Dalam Buku Sistem Dasar proteksi Distribusi, rumus Arus Nominal Trafo 20 kV adalah (Ir.Wahyudi Sarimun N.,MT., 2012) :

$$I_n \text{ (20kV)} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots .2.3$$

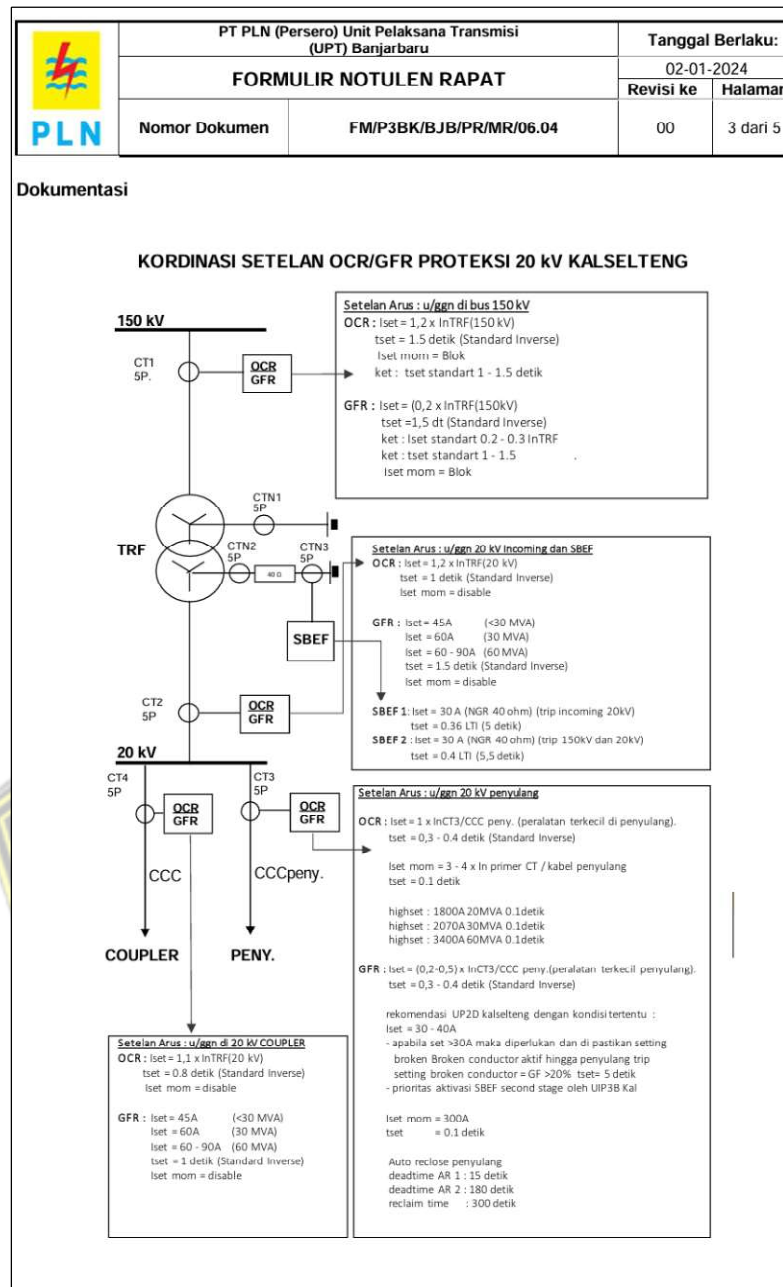
Dimana :

I_n (20kV : Arus Nomial tegangan 20 kV

S : Daya Trafo tenaga

V : Tegangan Kerja

Berikut adalah standard koordinasi setting OCR/GFR pada relai proteksi bay trafo di wilayah UIP3B Kalimantan :



Gambar 2. 9 Standard Besaran Setting Relai Backup Bay Trafo

(Dokumen, N., & Hadir, D. 2024)

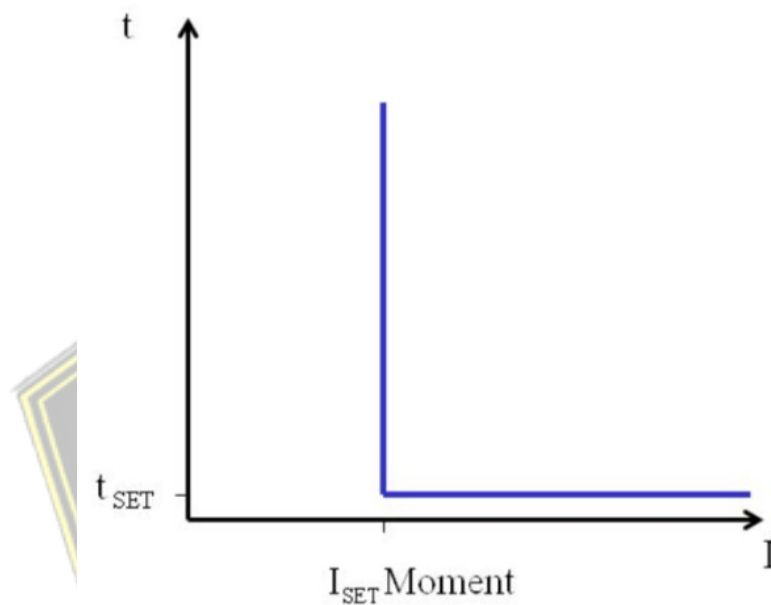
2.2.4 Karakteristik Relai Proteksi Arus Lebih

Karakteristik relai proteksi adalah waktu pemutusan dari gangguan yang dikirimkan oleh relai proteksi. Hubungan kerja antara besar arus dan waktu kerja

relai. Berikut adalah beberapa karakteristik waktu dalam setting relai proteksi (Ir.Wahyudi Sarimun N.,MT., 2012) :

1. Instantaneous

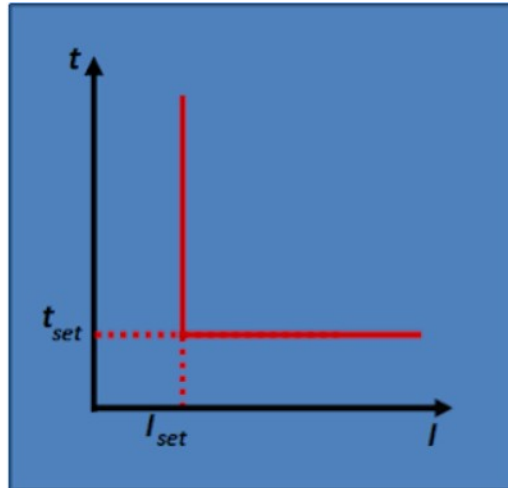
Setelannya tanpa waktu tunda, tapi masih bekerja dengan waktu cepat sebesar 50 sampai dengan 100 milidetik, bekerja didasarkan pada besarnya arus gangguan hubung singkat yang dipilih. Berikut gambar kurva karakteristik instantaneous.



Gambar 2. 2 Grafik Instantaneous

2. Definite Time

Karakteristik waktu kerja relai ini akan memberi perintah kepada PMT pada saat terjadi gangguan bila besarnya arus gangguan melampaui settingnya, dan jangka waktu kerja relai mulai pick-up sampai kerja relai waktunya ditunda dengan harga tertentu tidak dipengaruhi oleh besarnya arus gangguan. Berikut gambar kurva karakteristik definite.



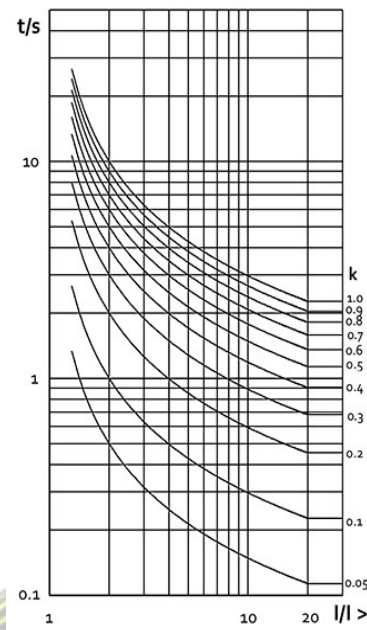
Gambar 2. 3 Grafik Definite Time (Rendra Agustio Efransyah. “Mengenal Over Current Relay (OCR) Inverse dan Definite”. 2023.)

3. Inverse

Karakteristik relai ini akan memberi perintah kepada PMT, pada saat terjadi gangguan bila besarnya arus gangguan melampaui settingnya, dan jangka waktu kerja relai mulai pick-up sampai kerja relai waktu tundanya berbanding terbalik dengan besarnya arus gangguan. Terdapat 4 macam relai Inverse yaitu:

b. Standard Inverse (SI)

Inverse adalah karakteristik yang menunjukkan perbandingan antara besar arus dengan waktu kerja relai yang standar. Untuk lebih jelasnya mengenai standard inverse dapat dilihat kurva karakteristiknya pada gambar 2.4 berikut.

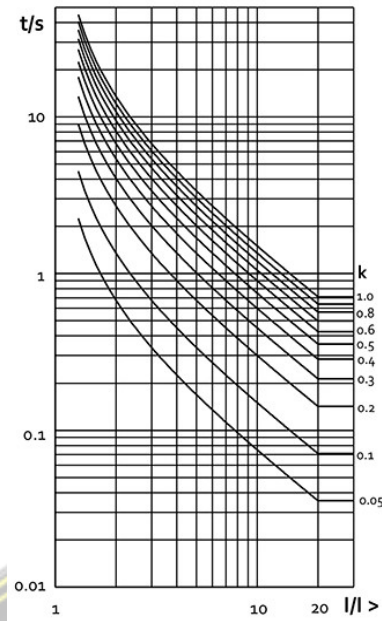


Gambar 2. 4 Kurva Karakteristik Standard Inverse

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat pada sumbu Y menunjukkan rentang waktu kerja relai dan pada sumbu X menunjukkan hasil bagi dari arus gangguan dan arus setting. Berdasarkan grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar hasil baginya, maka semakin cepat waktu tunda kerja dari relai. Koefisien k adalah setting tms (Time Multiple Setting), dengan arus yang sama jika setting tms semakin kecil maka akan semakin cepat waktu relai bekerja.

c. Very Inverse (VI)

Very Inverse merupakan karakteristik yang menunjukkan, perbandingan antara besar arus dengan waktu kerja relai yang lebih tinggi dari standar Inverse. Untuk lebih jelasnya mengenai very inverse dapat dilihat kurva karakteristiknya pada Gambar 2.5 berikut.

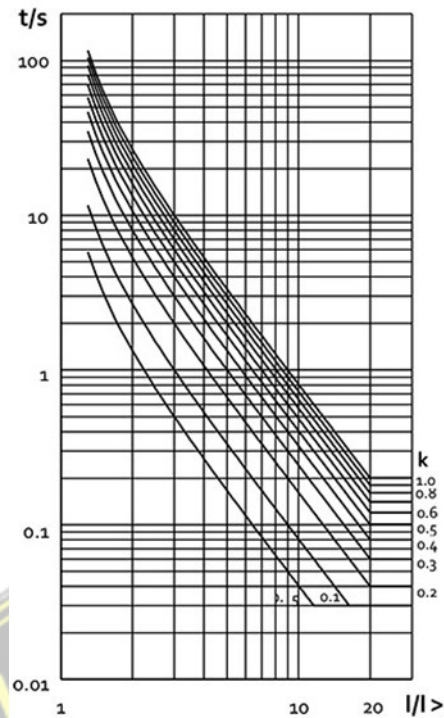


Gambar 2. 5 Kurva Karakteristik Very Inverse

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat pada sumbu Y menunjukkan rentang waktu kerja relai dan pada sumbu X menunjukkan hasil bagi dari arus gangguan dan arus setting. Berdasarkan grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar hasil baginya, maka semakin cepat waktu tunda kerja dari relai. Dengan kurva yang lebih tajam dibanding standard inverse. Koefisien k adalah setting tms (Time Multiple Setting), dengan arus yang sama jika setting tms semakin kecil maka akan semakin cepat waktu relai bekerja.

d. Extremely Inverse (EI)

Extremely Inverse adalah karakteristik yang menunjukkan, perbandingan antara besar arus dengan waktu kerja relai yang lebih cepat/tinggi dari standard dan very inverse. Untuk lebih jelasnya mengenai extremely inverse dapat dilihat kurva karakteristiknya pada Gambar 2.6 berikut.

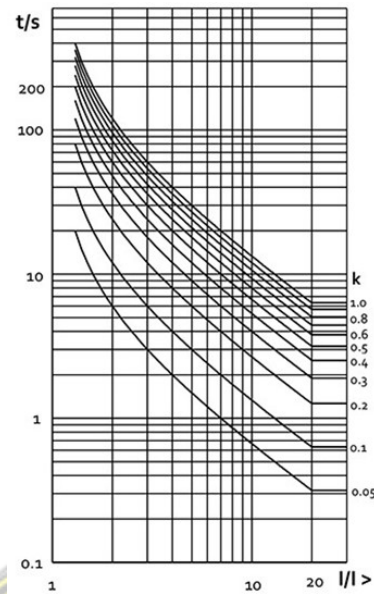


Gambar 2. 6 Kurva Karakteristik Extremely Inverse

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat pada sumbu Y menunjukkan rentang waktu kerja relai dan pada sumbu X menunjukkan hasil bagi dari arus gangguan dan arus setting. Berdasarkan grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar hasil baginya, maka semakin cepat waktu tunda kerja dari relai. Dengan kurva yang lebih tajam dibanding very inverse. Koefisien k adalah setting tms (Time Multiple Setting), dengan arus yang sama jika setting tms semakin kecil maka akan semakin cepat waktu relai bekerja.

e. Long Time Inverse (LTI)

Long Time Inverse merupakan karakteristik yang menunjukkan, perbandingan antara besar arus dengan waktu kerja relai yang lebih lambat/ rendah diantara karakteristik yang lain. Untuk lebih jelasnya mengenai long time inverse dapat dilihat kurva karakteristiknya pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2. 7 Kurva Karakteristik Long Time Inverse

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat pada sumbu Y menunjukkan rentang waktu kerja relai dan pada sumbu X menunjukkan hasil bagi dari arus gangguan dan arus setting. Berdasarkan grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar hasil baginya, maka semakin cepat waktu tunda kerja dari relai, tetapi memiliki waktu tunda kerja relai yang lebih lambat/ rendah diantara karakteristik yang lain. Koefisien k adalah setting tms (Time Multiple Setting), dengan arus yang sama jika setting tms semakin kecil maka akan semakin cepat waktu relai bekerja.

Rumus perhitungan untuk menentukan waktu kerja relai berdasarkan karakteristik diatas adalah sebagai berikut (Ir.Wahyudi Sarimun N.,MT., 2012) :

$$t : \left(\frac{\beta}{\left(\frac{if}{iset} \right)^{\alpha} - 1} \right) Tms \dots\dots\dots 2.1$$

$$Tms : \left(\frac{\left(\frac{if}{iset} \right)^{\alpha} - 1}{\beta} \right) t \dots\dots\dots 2.2$$

Tabel 2. 1 Faktor α dan β

Nama Kurva	α	β
Standard Inverse	0.02	0.14
Very Inverse	1	13.2
Extremely Inverse	2	80
Long Inverse	1	120

Dimana,

t : Waktu trip relai (detik)

Tms : Time Multiple Second, nilai yang diset ke relai sebagai konstanta (tanpa satuan)

I_f : Arus hubung singkat (arus gangguan) (A)

I_{set} : Arus kerja (arus setting) (A)

2.2.5 Macam - Macam Gangguan Sistem Ketenagalistrikan

Berikut adalah macam - macam gangguan sistem ketenagalistrikan (Ir.Wahyudi sarimun N.,MT., 2012) :

1. Gangguan Beban Lebih

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus - menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri oleh arus tersebut. Hal ini disebabkan karena arus yang mengalir melebihi dari kemampuan hantar arus dari peralatan listrik, dimana pengaman listrik (relai, mcb dan fuse) yang terpasang arus pengenalnya atau setelahnya melebihi kemampuan hantar arus peralatan.

2. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat, dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa), dua fasa ketanah dan satu fasa ketanah yang sifatnya bisa temporer atau permanen. Gangguan ini bisa disebabkan oleh petir, binatang, pohon ataupun benda asing lainnya yang mengenai konduktor.

3. Gangguan Tegangan lebih

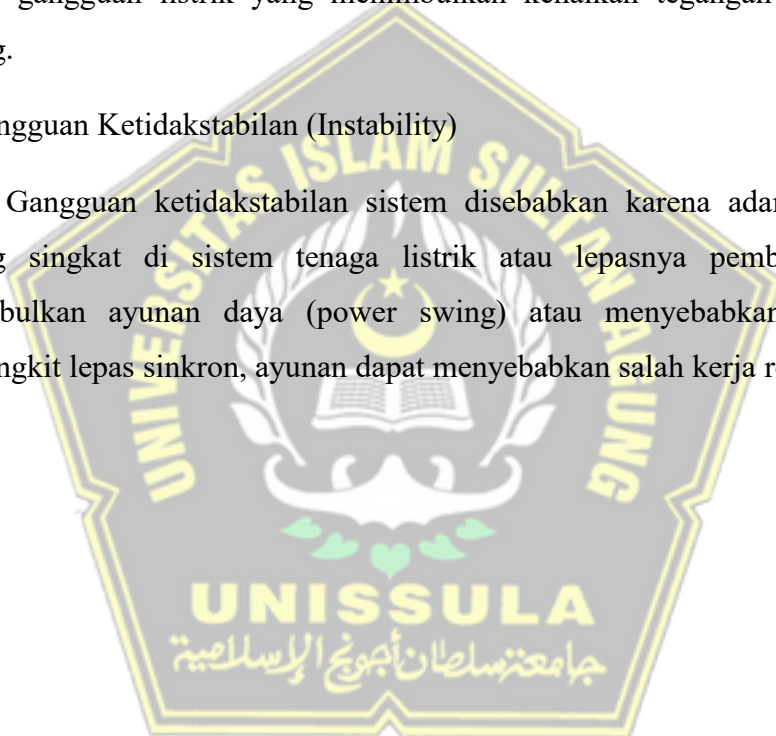
Gangguan tegangan lebih terjadi akibat adanya kelainan pada sistem tenaga listrik, antara lain :

- Tegangan lebih dengan power frekwensi, misal: pembangkit kehilangan beban yang diakibatkan adanya gangguan pada sisi jaringan, sehingga over speed pada generator.

- Tegangan lebih transient karena adanya gangguan surja petir yang mengenai peralatan kelistrikan disebut surja petir atau saat pemutus (PMT) terbuka karena adanya gangguan listrik yang menimbulkan kenaikan tegangan disebut surja hubung.

4. Gangguan Ketidakstabilan (Instability)

Gangguan ketidakstabilan sistem disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat di sistem tenaga listrik atau lepasnya pembangkit, dapat menimbulkan ayunan daya (power swing) atau menyebabkan unit - unit pembangkit lepas sinkron, ayunan dapat menyebabkan salah kerja relai.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PLN Gardu Induk Paringin, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Provinsi Kalimantan Selatan, yang dilaksanakan dari tanggal 1 Oktober 2024 sampai dengan 30 Oktober 2024.

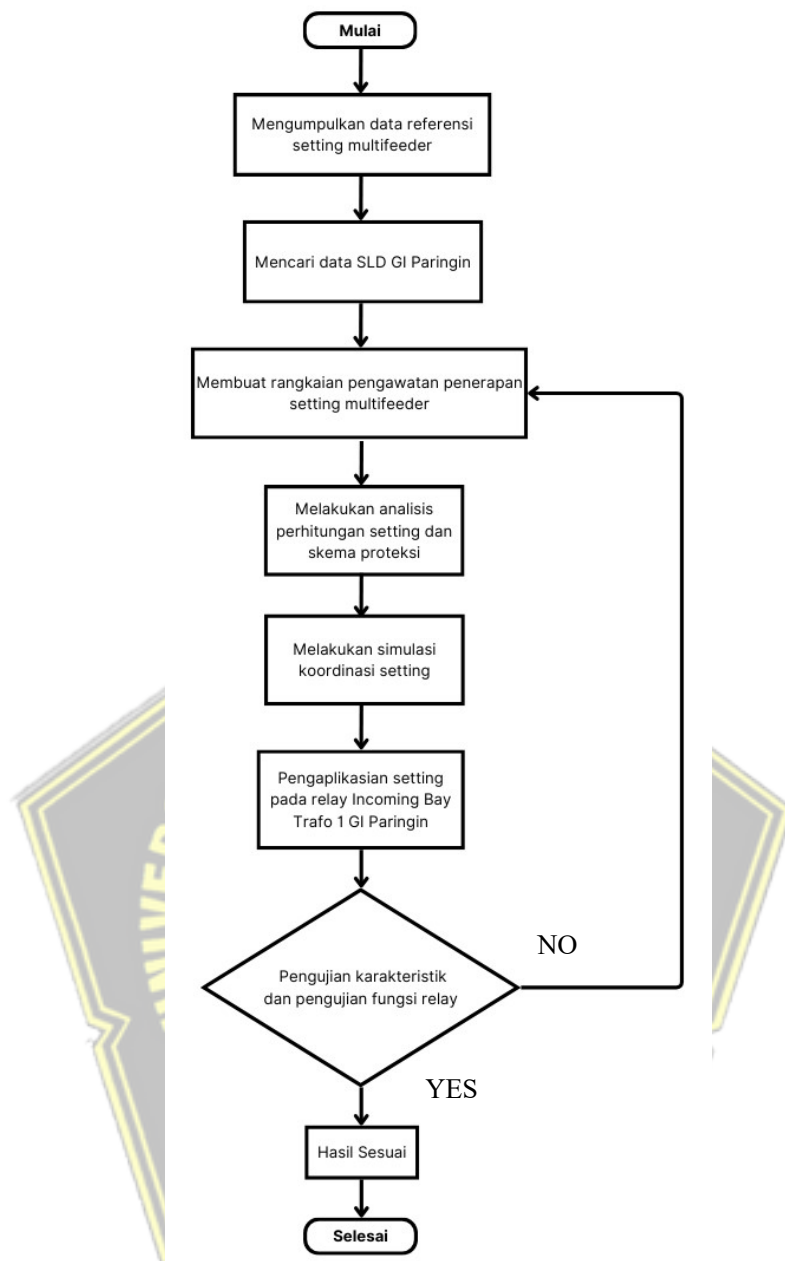
3.2 Metode Penelitian

Untuk metode penelitian yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah dengan literatur dan analisis. Peneliti mencari literatur kemudian mengumpulkan data yang diperlukan lalu menganalisis dan menyesuaikan desainnya dengan yang ada di Bay Trafo 1 GI Paringin.

Langkah – langkah yang dilakukan dalam mengimplementasikan setting multifeeder pada relai incoming Bay Trafo 1 GI paringin adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data - data yang diperlukan seperti data arus hubung singkat, nameplate trafo daya 1 GI Paringin, ratio CT penyulang dan incoming, gambar schematic diagram
2. Melakukan analisis perhitungan setting relai penyulang dan incoming
3. Melakukan analisis simulasi koordinasi setting
4. Membuat gambar schematic diagram baru
5. Menerapkan hasil perhitungan setting pada relai proteksi penyulang dan incoming
6. Merangkai wiring rangkaian setting multifeeder
7. Melaksanakan pengujian relai penyulang dan relai incoming
8. Menarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan sehingga tujuan ataupun rumusan masalah dari obyek penelitian dapat terjawab.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar diagram alir (flowchart) penelitian pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan diagram flowchart diatas adalah :

1. Teknik Pengumpulan Data

Teknik atau metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini tentang “Analisis Penerapan Setting Multifeder Pada Relai OCR/GFR Incoming Bay Trafo 1 GI Paringin Untuk Mengatasi Kalkulasi Arus dan Waktu Akibat Gangguan Dua Penyulang Secara Bersamaan” adalah sebagai berikut :

a. Metode Literatur

Pengumpulan data dengan metode literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi - referensi baik berupa buku, internet, jurnal ilmiah, dokumen pemeliharaan tahunan ULTG Barabai, maupun buku panduan dari PT PLN (Persero) yang dapat menunjang dan membantu proses pembuatan dalam pengerjaan skripsi ini, seperti buku Pedoman Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali, buku Perhitungan setting dan Koordinasi Proteksi Sistem Distribusi, dll.

b. Metode Wawancara

Pengumpulan data dengan metode wawancara dilakukan dengan cara konsultasi/tanya jawab langsung kepada pihak yang berkompeten dalam hal ini manager ULTG, Team Leader Proteksi, maupun staff proteksi yang bertanggung jawab dalam menangani masalah pemeliharaan dan pengoperasian sistem tenaga listrik pada PT. PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Barabai.

c. Metode Observasi

Pengumpulan data dengan metode observasi dilakukan dengan cara mencari data-data teknis secara langsung di lapangan. Data tersebut berupa setting dan hasil pengujian pengaktifan fungsi relai yang diambil pada saat terlibat dalam kegiatan pemeliharaan. Pengumpulan data dan praktik langsung di lapangan dilakukan tepatnya pada Gardu Induk Paringin 150 kV, Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Barabai.

2. Teknik Analisis Data

Data yang didapat kemudian dianalisis serta dilakukan perhitungan terhadap data tersebut dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Perhitungan setting multifeeder relai OCR/GFR incoming
- b. Simulasi koordinasi proteksi Bay Transformator daya 1 GI Paringin
3. Pengaplikasian setting multifeeder pada relai Incoming trafo daya 1 GI Paringin

Setelah melaksanakan analisis dan simulasi koordinasi setting, tahapan berikutnya adalah menerapkan setting multifeeder trafo 1 GI Paringin.

Pekerjaan tersebut dilaksanakan pada saat pemeliharaan periodik 2 tahunan.

Urutan dalam penerapan setting tersebut adalah sebagai berikut :

1. Proses manuver peralihan beban di jaringan
2. Proses pemadaman Bay Trafo 1 GI paringin
3. Melaksanakan implementasi setting dan wiring pada relai incoming dan outgoing
4. Melaksanakan pengujian karakteristik relai
5. Melaksanakan pengujian fungsi relai
6. Penormalan Bay Trafo 1 GI paringin



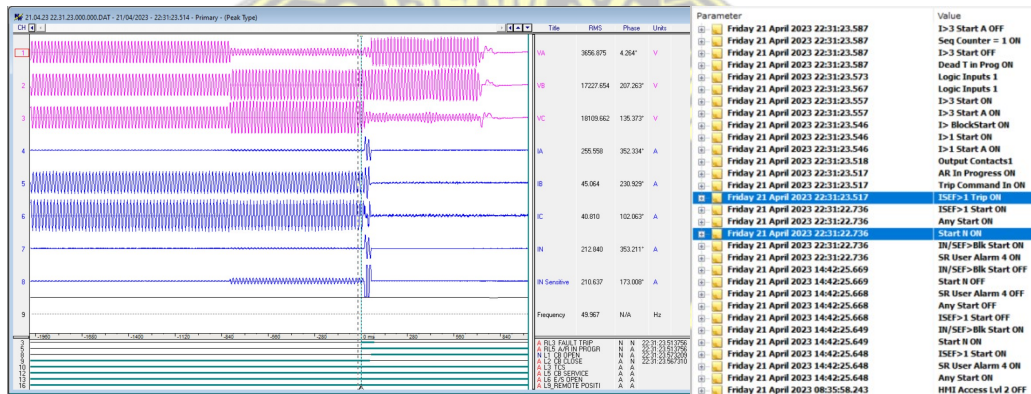
BAB IV

DATA DAN ANALISIS

Pada bab ini berisi hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan data permasalahan temuan dilapangan, kemudian dianalisis dan diberikan solusi untuk mengatasi permasalahan yang ada. Dari hasil analisis dan hasil solusi yang ada diharapkan dapat menjawab rumusan masalah yang telah ditemukan sebelumnya.

4.1 Temuan Lapangan

Pada tanggal 21 April 2023 telah terjadi gangguan relai incoming trafo daya 1 GI Paringin, dengan indikasi GFR trip yang didahului dengan trip di relai penyulang PRN 04 dan dilanjut pickup pada penyulang PRN 03. Berikut adalah gambar rekaman gangguan dari penyulang PRN 04.



Gambar 4. 1 Rekaman Gangguan Penyulang PRN 04

Dari rekaman gangguan diatas dapat diketahui arus gangguan gangguan pada relai PRN 04 adalah IR : 255.5 A; IS : 45 A; IT : 40 A; IN : 212.84 A, dengan fault clearing time 0.781 detik. Diketahui setting relai PRN 04 yaitu 15 A dengan tms 0.3 dan kurva standart inverse.

Trip curve

IEC Curve A - Standard inverse

Relay pickup current (A) 15

Fault current (A) 212.8

Time Multiplier Setting (TMS) 0.3

Calculate

Results

Trip time 0.771 s

Gambar 4. 2 analisis Waktu Trip PRN 04 (“Inverse Time Over Current (TOC/IDMT) relai Trip Time Calculator.” 2024.)

Berdasarkan analisis perhitungan dari web bahwa relai dengan arus gangguan IN : 212.8 Ampere, relai PRN 04 akan trip pada waktu 0.771 detik. Jadi dapat disimpulkan bahwa relai penyulang PRN 04 bekerja sesuai dengan setting. Berikut adalah rekaman event relai penyulang PRN 03.

Friday 21 April 2023 22:36:25.321	CB Open 3 ph ON
Friday 21 April 2023 22:36:25.321	CB Closed 3 ph OFF
Friday 21 April 2023 22:36:25.311	Logic Inputs 1
Friday 21 April 2023 22:36:25.303	Logic Inputs 1
Friday 21 April 2023 22:31:24.253	Fault Recorded
Friday 21 April 2023 22:31:24.250	IN/SEF>Blk Start OFF
Friday 21 April 2023 22:31:24.250	Start N OFF
Friday 21 April 2023 22:31:24.250	SR User Alarm 4 OFF
Friday 21 April 2023 22:31:24.250	Any Start OFF
Friday 21 April 2023 22:31:24.250	ISEF>1 Start OFF
Friday 21 April 2023 22:31:23.660	I> BlockStart OFF
Friday 21 April 2023 22:31:23.660	I>1 Start OFF
Friday 21 April 2023 22:31:23.660	I>1 Start C OFF
Friday 21 April 2023 22:31:23.589	I>3 Start OFF
Friday 21 April 2023 22:31:23.589	I>3 Start C OFF
Friday 21 April 2023 22:31:23.559	I>3 Start ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.559	I>3 Start C ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.540	SR User Alarm 4 ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.540	I> BlockStart ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.540	ISEF>1 Start ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.540	Start N ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.540	IN/SEF>Blk Start ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.539	Any Start ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.539	I>1 Start ON
Friday 21 April 2023 22:31:23.539	I>1 Start C ON

Gambar 4. 3 Rekaman Event relai PRN 03

Perhitungan waktu kerja trip relai penyulang PRN 03 dihitung menggunakan rumus (2.1) sebagai berikut :

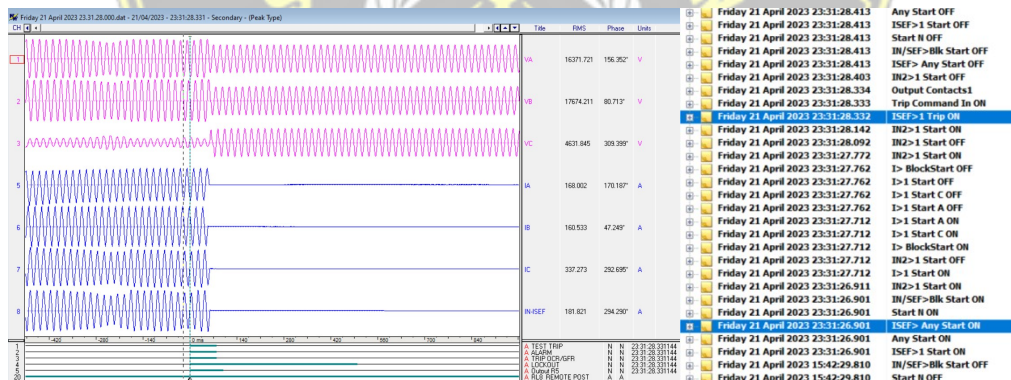
$$t : tms \left(\frac{\beta}{\left(\frac{if}{iset} \right)^{\alpha} - 1} \right)$$

$$t : 0.3 \left(\frac{0.14}{\left(\frac{212.8}{15} \right)^{0.02} - 1} \right)$$

$$t : 0.3 \left(\frac{0.14}{0.0544782039 - 1126} \right)$$

$$t : 0.771 \text{ S}$$

Dari rekaman event diatas diketahui bahwa relai merasakan pickup selama 0.71 detik. Berikut adalah rekaman dari relai incoming. Dan secara perhitungan relai baru akan trip pada 0.771 detik. Berikut adalah rekaman relai incoming.



Gambar 4. 4 Rekaman relai Incoming

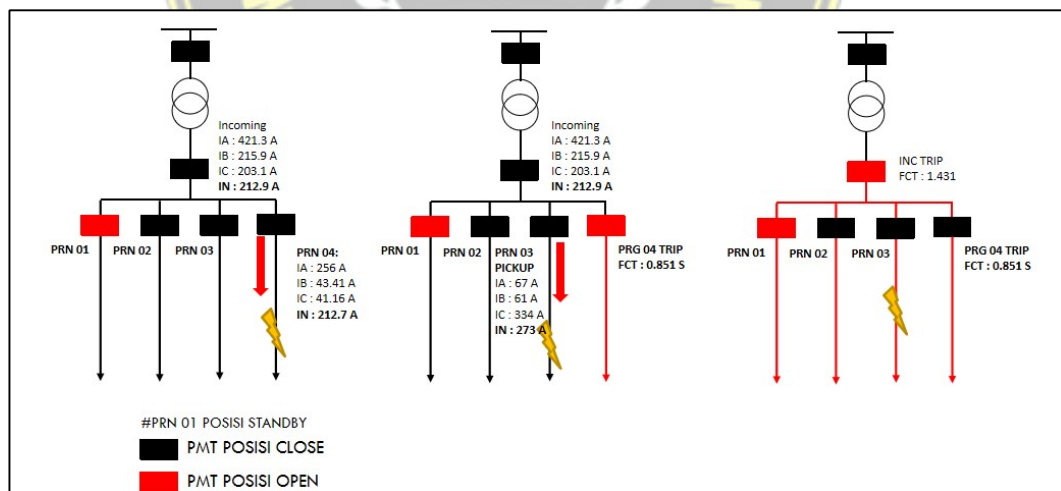
Dari rekaman relai incoming dapat diketahui bahwa relai incoming trip dengan arus gangguan IA : 168 A; IB : 160.5 A; IC : 337.2 A; IN : 181.8 A, dengan fault clearing time : 1.431 detik. Data setting relai incoming adalah 18 A, dengan tms : 0.5 dengan kurva standart inverse.

Trip curve	
Trip curve	IEC Curve A - Standard inverse
Relay pickup current (A)	18
Fault current (A)	181.8
Time Multiplier Setting (TMS)	0.5
Calculate	
Results	
Trip time	1.479 s

Gambar 4. 5 Perhitungan Waktu Kerja Relai Incoming

(“Inverse Time Over Current (TOC/IDMT) relai Trip Time Calculator.” 2024.
2024.)

Berdasarkan analisis perhitungan bahwa relai incoming dengan arus gangguan IN : 181.8 A, relai akan trip pada waktu 1.479 detik. Jadi dapat disimpulkan bahwa relai incoming bekerja sesuai dengan settingnya.



Gambar 4. 6 Proses Terjadinya Gangguan

Dari ketiga rekaman relai diatas dapat disimpulkan bahwa gangguan pertama berada di penyulang PRN 04 dengan arus gangguan IN : 212.7 A dan trip setelah 0.781 detik. Kemudian dilanjut gangguan berpindah pada penyulang PRN 03 dengan arus gangguan IN : 273 A dan relai PRN 03 tidak trip karena waktu trip

belum tercapai. Pada relai incoming merasakan adanya kalkulasi waktu kerja dari penyulang PRN 04 dan PRN 03 yang menyebabkan waktu tunda kerja relai incoming tercapai sehingga relai incoming trip.

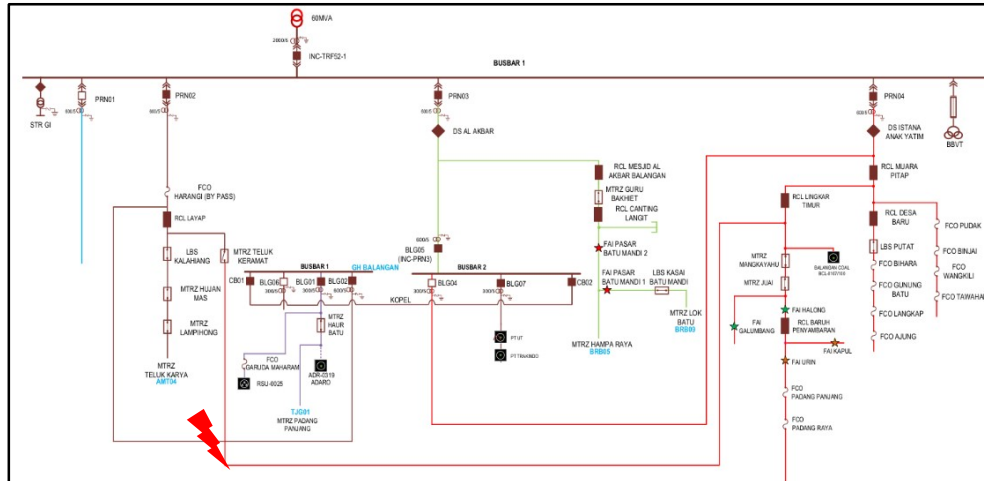
Penyebab gangguan adalah hewan kukang yang mengenai jaringan penyulang PRN 04 dan PRN 03. Dimana struktur kondisi jaringan penyulang PRN 04 dan PRN 03 berada pada satu tiang distribusi 20 kV yang menggunakan konduktor ACSR tanpa isolasi.



Gambar 4. 7 Struktur Kondisi Jaringan PRN 04 dan PRN 03

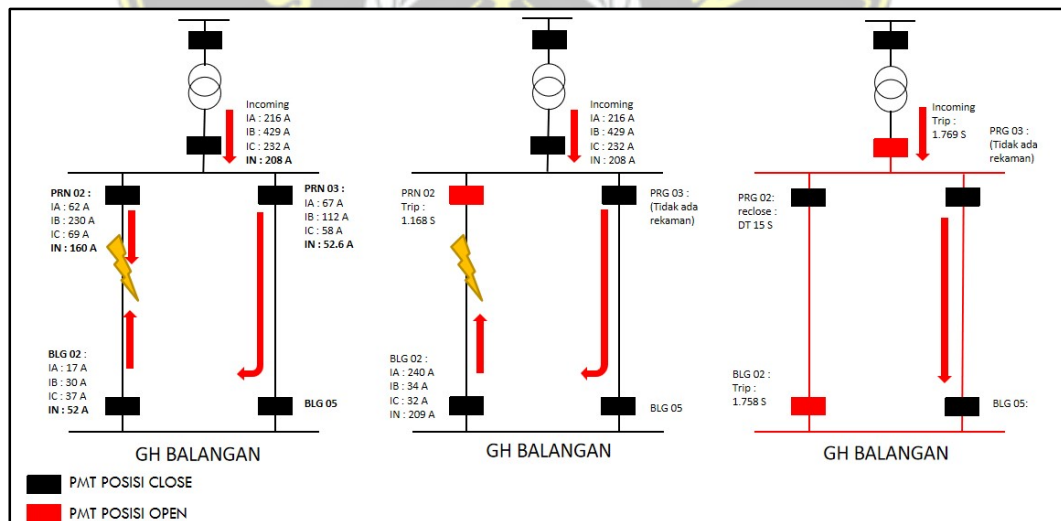
Struktur kondisi dua atau lebih jaringan penyulang dalam satu tiang distribusi 20 kV sangat banyak terjadi, hal tersebut dikarenakan faktor efektivitas tempat dan ekonomis. Dengan kondisi tersebut sangat memungkinkan terjadinya gangguan bersamaan atau berurutan dua penyulang secara bersamaan yang menyebabkan adanya pembacaan kalkulasi / penjumlahan arus dan waktu gangguan pada relai incoming.

Pada tanggal 6 Agustus 2024 terjadi kembali gangguan incoming trafo daya 1 GI Paringin dengan indikasi GFR trip yang didahului dengan trip penyulang PRN 02 dan trip pickup pada penyulang PRN 03. Penyulang PRN 02 dan PRN 03 merupakan dua penyulang yang menyuplai Gardu Hubung (GH) Balangan.



Gambar 4. 8 SLD Penyulang 20 kV GI Paringin

Berdasarkan analisis, titik penyebab gangguan berada di penyulang PRN 02 diantara GH Balangan dan Busbar 20 kV GI Paringin. Penyulang PRN 02 dan PRN 03 merupakan dua penyulang yang menyuplai Gardu Hubung (GH) Balangan.



Gambar 4. 9 Runtutan Kejadian Gangguan

Relai penyulang PRN 02 yang berada di Gardu Induk Paringin trip dengan indikasi GFR dengan arus gangguan IN : 160 A dengan fault clearing time 1.168 detik. Karena penyulang PRN 02 dan PRN 03 menyuplai Gardu Hubung Balangan, maka relai PRN 03 merasakan juga gangguan dengan pickup arus gangguan IN : 52.6 A. Pada relai incoming terjadi pembacaan kalkulasi arus dan waktu dari penyulang PRN 02 dan PRN 03, yang menyebabkan relai incoming

trip dengan indikasi GFR dengan arus gangguan IN : 208 A dan dengan fault clearing time 1.769 A.

4.2 Metode Perbaikan

4.2.1 Melaksanakan Scanning Koordinasi Setting relai Backup Trafo

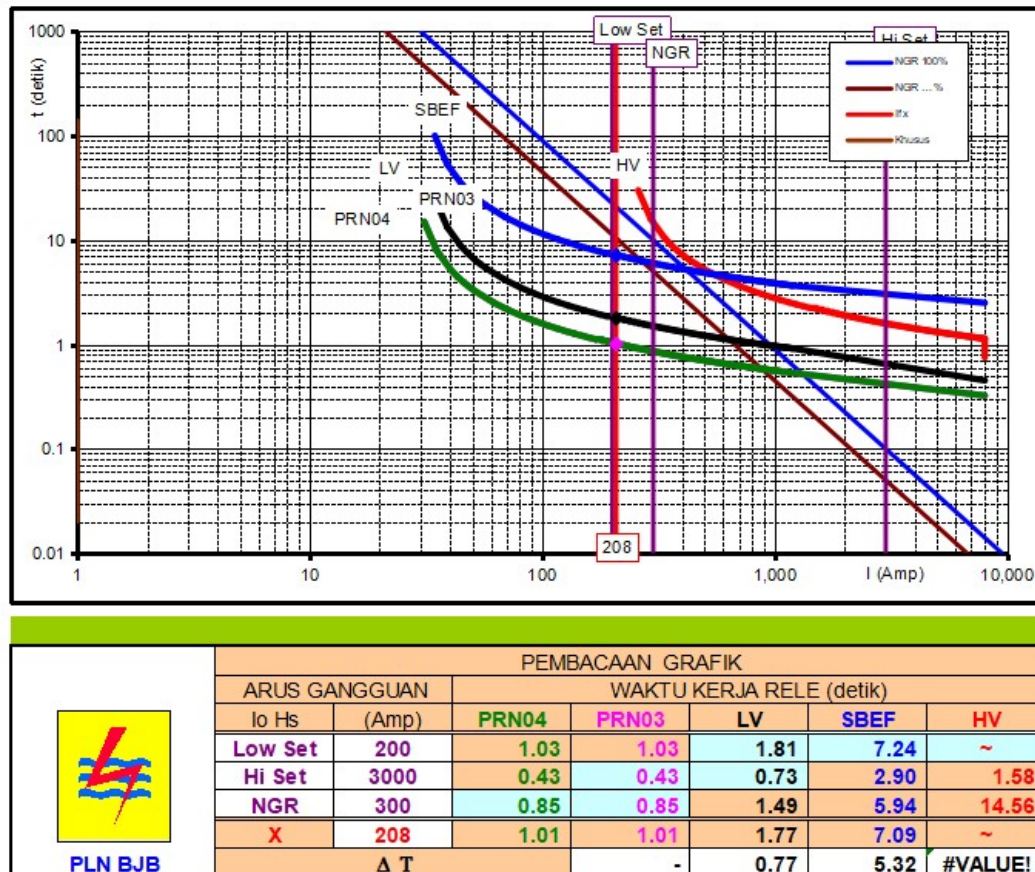
Scanning koordinasi setting backup bay trafo GI Paringin bertujuan untuk memastikan bahwa koordinasi setting antar relai backup bay trafo GI Paringin bekerja sesuai dengan kaidahnya. Berikut adalah data setting relai backup Bay trafo GI paringin pada saat terjadinya gangguan :

Tabel 4. 1 Scanning Setting Relai Backup Bay Trafo 1 GI Paringin

No	Relai	Paramter	I sett	Waktu	Kurva
1	PRN 01	I >	300	0.2	SI
		I >>	3450	0.1	DT
		Ie >	27	0.3	SI
		Ie >>	-	-	-
2	PRN 02	I >	300	0.2	SI
		I >>	3450	0.1	DT
		Ie >	27	0.3	SI
		Ie >>	-	-	-
3	PRN 03	I >	300	0.2	SI
		I >>	3450	0.1	DT
		Ie >	27	0.3	SI
		Ie >>	-	-	-
4	PRN 04	I >	300	0.2	SI
		I >>	3450	0.1	DT
		Ie >	27	0.3	SI
		Ie >>	-	-	-
5	Incoming	I >	2000	0.2	SI
		I >>	-	-	-

		Ie >	30	0.5	SI
		Ie >>	-	-	-

Berikut adalah kurva koordinasi setting relai Backup Bay Trafo GI Paringin:



Gambar 4. 10 Kurva Koordinasi Setting GFR relai Backup

Dari kurva koordinasi setting diatas dapat diketahui bahwa antara setting GFR penyulang - GFR incoming - sbef - dan GFR HV sudah terkoordinasi dengan baik, yaitu dengan arus gangguan 208 A grading antara setting penyulang dan GFR LV yaitu 0.77 detik. Dengan kondisi tersebut seharusnya jika gangguan hanya pada satu penyulang saja, maka relai akan terkoordinasi dengan baik, yaitu relai penyulang terlebih dahulu yang akan trip dan meloklisir gangguan. Namun koordinasi diatas akan menjadi tidak sesuai jika gangguan terjadi pada dua atau lebih penyulang secara bersamaan, karena akan menyebabkan adanya

perhitungan kalkulasi arus dan waktu gangguan yang dirasakan pada relai incoming.

4.2.2 Mengimplementasikan Skema Proteksi Setting Multifeeder

Skema setting multifeeder adalah sebuah skema proteksi yang diterapkan untuk mengakomodir agar relai incoming tidak trip jika terjadi gangguan dua atau lebih penyulang secara bersamaan ataupun berurutan, yang menimbulkan adanya pembacaan kalkulasi arus gangguan dan waktu gangguan pada relai incoming. Skema setting multifeeder ini diterapkan dengan menambahkan satu step setting yang diperintahkan untuk mengirim sinyal trip ke relai penyulang, namun relai penyulang hanya akan trip jika relai penyulang tersebut juga merasakan adanya pickup. Berikut gambar rangkaian logika setting multifeeder :



Gambar 4. 11 Rangkaian Logika Skema Setting Multifeeder

CB penyulang atau feeder 1 akan off / open jika relai penyulang tersebut merasakan gangguan (pickup) dan juga kurva setting multifeeder yang berada di relai incoming terpenuhi. Berikut adalah tahapan pengimplementasian setting multifeeder pada relai incoming bay trafo daya 1 GI paringin.

4.2.2.1 Perhitungan Ulang Setting

Perhitungan ulang setting bertujuan untuk memastikan bahwa setting yang akan kita terapkan pada relai incoming sudah sesuai dengan kaidah dan pedoman yang ada, sehingga nantinya tidak terjadi salah setting yang dapat menimbulkan mal kerja fungsi proteksi dan kerusakan peralatan.

Dalam penerapan skema setting multifeeder perhitungan setting proteksi diperlukan, karena kita perlu menambahkan satu tahap setting pada relai incoming untuk memberikan perintah trip ke relai penyulang yang mengalami pickup.

Berikut perhitungan setting penambahan skema setting multifeeder pada relai incoming bay trafo 1 GI Paringin. Data trafo daya 1 GI Paringin adalah sebagai berikut pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 Data Trafo Daya 1 GI Paringin

No	Parameter	Besaran	Satuan
1	Daya Trafo	60	MVA
2	Impedansi Trafo	0.125	Ohm
3	Arus Hubung Singkat 3 Fasa	12000	Ampere
4	Arus Hubung Singkat 1 Fasa	288.68	Ampere
5	Ratio CT Incoming 20 kV	2000/5	Ampere

A. Setting OCR

Maka arus settingnya dihitung menggunakan rumus persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$I_{set} = 1.2 \times I_n \text{ Trafo (20 kV)}$$

Arus nominal trafo I_n Trafo (20 kV) :

$$I_n (20kV) = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I_n (20kV) = \frac{60000000}{\sqrt{3} \times 20000}$$

$$I_n (20 kV) = 1732 \text{ A}$$

Maka,

$$I_{set} : 1.2 \times 1732 = \mathbf{2078.4 \text{ A}}$$

a. Tahap 1 dengan waktu tunda 0.7 detik

Jadi perhitungan tms nya dapat dihitung menggunakan rumus 2.2 dibawah ini :

$$tms : \left(\frac{\left(\frac{ih_s}{iset} \right)^\alpha - 1}{\beta} \right) xt$$

$$tms : \left(\frac{\left(\frac{12000}{2078 \cdot 4} \right)^{0.02} - 1}{0.14} \right) x 0.7$$

$$tms : 0.178$$

b. Tahap 2 dengan waktu tunda 1 detik

Jadi tms nya dihitung menggunakan rumus 2.2 sebagai berikut :

$$tms : \left(\frac{\left(\frac{ih_s}{iset} \right)^\alpha - 1}{\beta} \right) xt$$

$$tms : \left(\frac{\left(\frac{12000}{2078.4} \right)^{0.02} - 1}{0.14} \right) x 1$$

$$tms : 0.255$$

B. Setting GFR

I set = 60 A (Dokumen, N., & Hadir, D. 2024)

a. Maka tms tahap 1 dengan waktu kerja 1.2 detik dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini :

$$tms : \left(\frac{\left(\frac{ih_s}{iset} \right)^\alpha - 1}{\beta} \right) xt$$

$$tms : \left(\frac{\left(\frac{288.68}{60} \right)^{0.02} - 1}{0.14} \right) x 1.2$$

$$tms : 0.274$$

- b. Tms dengan waktu kerja $t : 1.5$ detik dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

$$tms : \left(\frac{\left(\frac{ihs}{iset} \right)^{\alpha} - 1}{\beta} \right) xt$$

$$tms : \left(\frac{\left(\frac{288 \cdot 68}{60} \right)^{0.02} - 1}{0.14} \right) x 1.5$$

$$tms : 0.342$$

Jadi dapat disimpulkan data setting yang akan diterapkan pada relai incoming adalah sebagaimana pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4. 3 Besaran Setting Yang Akan Diinputkan Pada Relai

Paramter	I sett	tms	Kurva
I >	2078.04	0.178	SI
I >>	2078.04	0.255	SI
Ie >	60	0.274	SI
Ie >>	60	0.342	SI

Penginputan setting pada relai proteksi :

A. Setting Relai OCR Incoming

GROUP 1 OVERCURRENT		
I>1 Function	IEC S Inverse	
I>1 Direction	Non-Directional	
I>1 Current Set	2080 A	
I>1 TMS	180.0e-3	
I>1 DT Adder	0 s	
I>1 tRESET	0 s	
I>2 Function	IEC S Inverse	
I>2 Direction	Non-Directional	
I>2 Current Set	2080 A	
I>2 TMS	255.0e-3	
I>2 DT Adder	0 s	
I>2 tRESET	0 s	
I>3 Status	Disabled	
I>4 Status	Disabled	
I> Blocking	0000000000111111	
I> Char Angle	45.00 deg	
I> Blocking 2	0000	
I>5 Function	Disabled	
I>6 Status	Disabled	

Gambar 4. 12 Input Setting OCR Pada Relai Incoming

B. Setting GFR Relai Incoming

GROUP 1 SEF PROTECTION		
SEF Options	SEF	
ISEF>1 Function	IEC S Inverse	
ISEF>1 Direction	Non-Directional	
ISEF>1 Current	60.00 A	
ISEF>1 TMS	275.0e-3	
ISEF>1 DT Adder	0 s	
ISEF>1 tRESET	0 s	
ISEF>2 Function	IEC S Inverse	
ISEF>2 Direction	Non-Directional	
ISEF>2 Current	60.00 A	
ISEF>2 TMS	340.0e-3	
ISEF>2 DT Adder	0 s	
ISEF>2 tRESET	0 s	
ISEF>3 Status	Disabled	
ISEF>4 Status	Disabled	
ISEF> Blocking	0000001111	

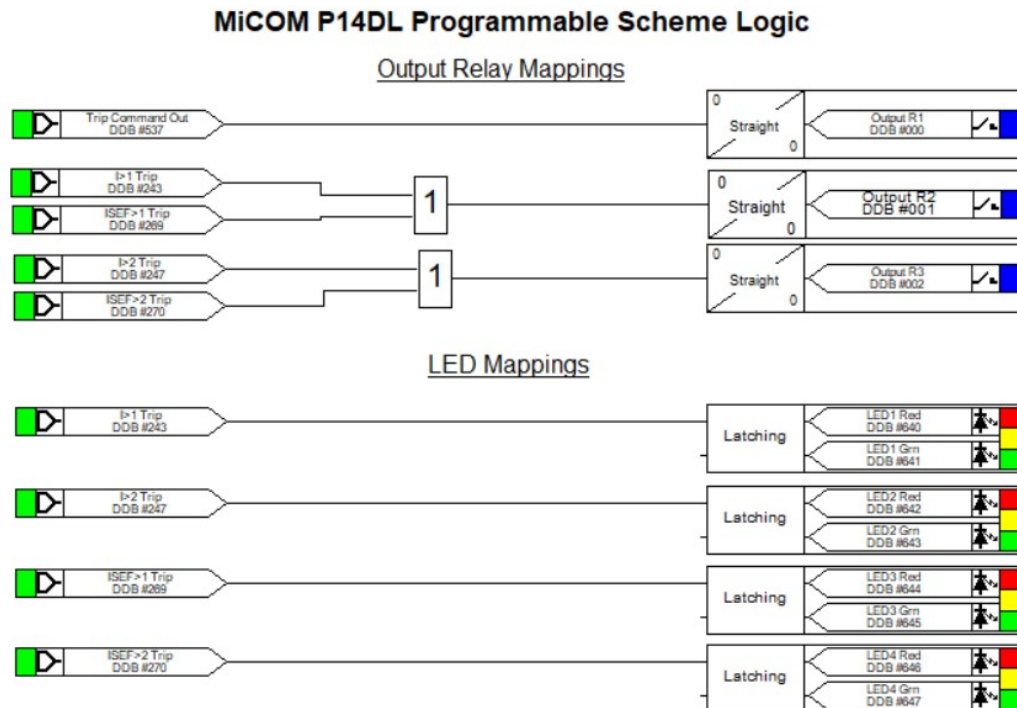
Gambar 4. 13 Input Setting GFR Pada Relai Incoming

4.2.2.2 Pembuatan Logic Output Relai

Pembuatan logic output relai berfungsi untuk menyetting output kontak relai agar bekerja sesuai dengan parameter setting yang bekerja, output kontak

relai perlu disetting agar kontak output relai yang bekerja sesuai dengan yang sudah kita mappingkan. Selain itu setting logic juga diperlukan untuk menyetting led relai sesuai dengan parameter setting yang bekerja, untuk memberikan indikasi jika terjadi gangguan kepada operator gardu induk dan juga agar memudahkan dalam analisis awal gangguan yang terjadi.

A. Setting logic relai incoming :



Gambar 4. 14 Setting Logic Kontak Output dan Led Relai Incoming

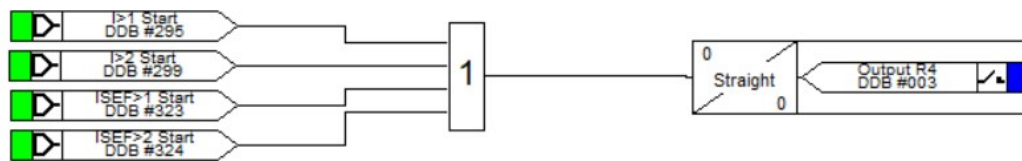
Penjelasan dari gambar logic diatas adalah sebagaimana tertera pada tabel 4.4 dibawah ini

Tabel 4. 4 Penjelasan dari gambar logic diatas

No	Parameter Setting	Kontak Output	Led	Keterangan
1	Trip Comand Out	R1	-	Kontak output relai untuk memberikan perintah alarm ke annunciator jika terjadi gangguan pada relai incoming

No	Parameter Setting	Kontak Output	Led	Keterangan
2	$I > 1$ trip	R2	1	- Kontak output relai untuk memberikan perintah trip ke relai penyulang jika parameter $I > 1$ bekerja - Jika parameter $I > 1$ bekerja maka LED relai 1 akan menyala sebagai indikasi gangguan
3	$I_{sef} > 1$ trip	R2	2	- Kontak output relai untuk memberikan perintah trip ke relai penyulang jika parameter $I_{sef} > 1$ bekerja - Jika parameter $I_{sef} > 1$ bekerja maka LED relai 2 akan menyala sebagai indikasi gangguan
4	$I > 2$ trip	R3	3	- Kontak output relai untuk memberikan perintah trip ke CB Incoming jika parameter $I > 2$ bekerja - Jika parameter $I > 2$ bekerja maka LED relai 3 akan menyala sebagai indikasi gangguan
5	$I_{sef} > 2$ trip	R3	4	- Kontak output relai untuk memberikan perintah trip ke CB Incoming jika parameter $I_{sef} > 2$ bekerja - Jika parameter $I_{sef} > 2$ bekerja maka LED relai 4 akan menyala sebagai indikasi gangguan

B. Setting Logic Relai Penyulang

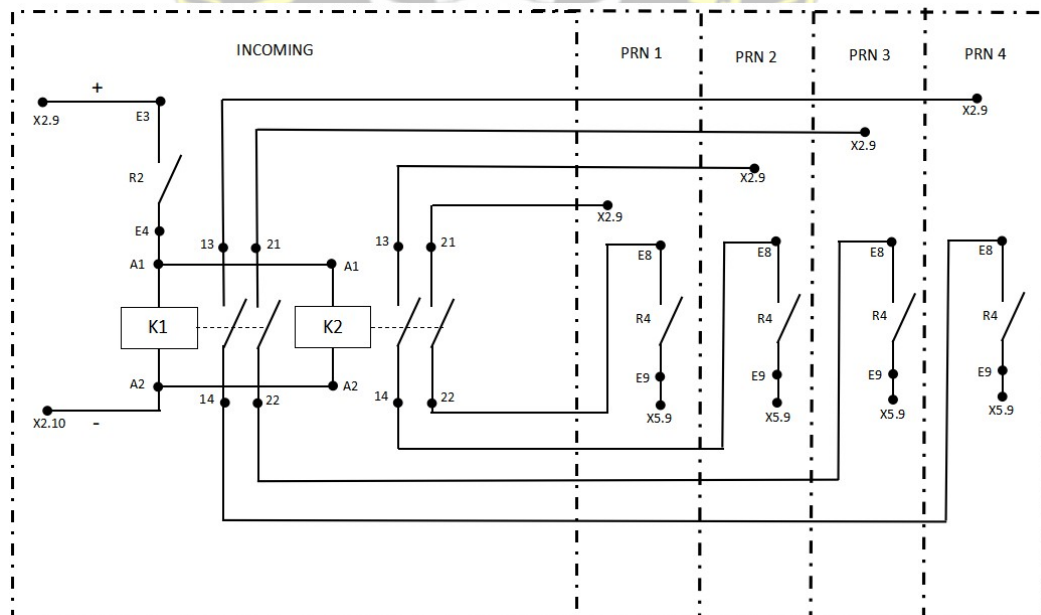


Gambar 4. 15 Logic Output Kontak Relai Penyulang

Dari gambar logic relai penyulang diatas dapat diketahui bahwa output kontak R4 pada relai penyulang akan bekerja jika mendapatkan inputan parameter OCR Low sett pickup ($I>1$ Start), OCR high sett pickup ($I>2$ Start), GFR Low Sett Pickup ($ISEF>1$ Start), dan GFR high sett ($ISEF>2$ Start).

4.2.2.3 Gambar Diagram Pengawatan

Diagram pengawatan diperlukan sebagai hardware dari skema multifeeder, nantinya jika setting tahap satu terpenuhi, maka perintah trip dari relai incoming akan mengirimkan sinyal berupa tegangan positif ke kontak output relai penyulang lalu mengirimkan kembali tegangan positif jika relai penyulang merasakan pickup ke coil trip CB penyulang untuk membuka CB tersebut. Berikut adalah diagram pengawatan dari rangkain skema setting multifeeder pada GI Paringin :



Gambar 4. 16 Diagram Pengawatan

4.3 Pengujian dan Hasil Perbaikan

Pengujian diperlukan untuk memastikan bahwa setting yang kita terapkan sesuai dengan skema yang diharapkan.

4.3.1 Hasil Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik dilaksanakan untuk mendapatkan hasil bahwa waktu kerja trip relai proteksi sesuai dengan arus gangguannya. Hasil waktu uji harus sesuai dengan perhitungannya, dengan toleransi maksimum 5%. Berikut perhitungan uji karakteristik fungsi OCR tahap 1 pada relai incoming :

a. Pengujian dengan arus gangguan $I_f = 1.5 \times I_{set}$

$$I_f = 1.5 \times 2080 \text{ A}$$

$$I_f = 3120 \text{ A}$$

Perhitungan waktu kerjanya dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

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

$$t : 0.178 \left(\frac{0.14}{\left(\frac{3120}{2080} \right)^{0.02} - 1} \right)$$

$$t : 0.178 (17.194)$$

$$t : 3.06 \text{ S}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan diatas, pengujian karaktersitik relai OCR tahap 1 dapat di uji dengan data perhitungan sebagai mana pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Perhitungan waktu kerja relai OCR tahap 1

No.	Arus Gangguan (x Iset)	Arus Gangguan (A)	Waktu Kerja (S)
1	1.5	3120	3.06
2	2	4160	1.79
3	3	6240	1.12

No.	Arus Gangguan (x Iset)	Arus Gangguan (A)	Waktu Kerja (S)
4	4	8320	0.89
5	5	10400	0.78

Berikut perhitungan uji karakteristik fungsi GFR tahap 1 pada relai incoming :

a. Pengujian dengan arus gangguan $I_f = 1.5 \times I_{set}$

$$I_f = 1.5 \times 60 \text{ A}$$

$$I_f = 90 \text{ A}$$

Perhitungan waktu kerjanya dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$t : tms \left(\frac{\beta}{\left(\frac{if}{iset} \right)^{\alpha} - 1} \right)$$

$$t : 0.275 \left(\frac{0.14}{\left(\frac{90}{60} \right)^{0.02} - 1} \right)$$

$$t : 0.275 (17.194)$$

$$t : 4.728 \text{ S}$$

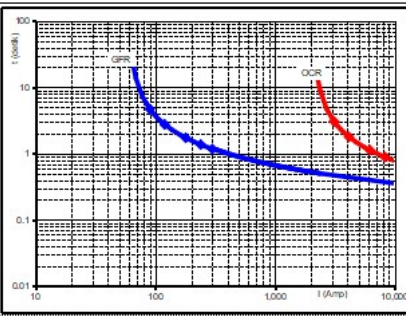
Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan diatas, pengujian karaktersitik relai GFR tahap 1 dapat di uji dengan data perhitungan sebagai mana pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Perhitungan waktu kerja relai OCR tahap 1

No.	Arus Gangguan (x Iset)	Arus Gangguan (A)	Waktu Kerja (S)
1	1.5	90	4.728
2	2	120	2.758
3	3	180	1.733

No.	Arus Gangguan (x Iset)	Arus Gangguan (A)	Waktu Kerja (S)
4	4	240	1.369
5	5	300	1.176

Berikut data hasil uji pengujian karakteristik OCR dan GFR tahap 1 :

DATA PENGUJIAN RELAY INCOMING OCR / GFR									
HARI / TANGGAL		Wednesday		28 Agustus 2024					
LOKASI		GI Paringin							
NAMA PENYULANG		Bay Trafo 1							
ARUS NOMINAL / BEBAN		1,732 Ampere		TEGANGAN KERJA		20 kV			
MERK / TYPE RELAY		Micom		/		0			
NO. SERI		0							
DATA SETTING OCR									
Ratio CT (P/S)		2,000		5					
Kelas CT		5P		20					
Karakteristik		c s1							
SETTING		I prim.		I sek.					
I >		1.04		2,080		5.20			
t >		0.18							
I >>		#####		#####		#####			
t >>		#####							
DATA SETTING GFR									
Ratio CT (P/S)		2,000		5					
Kelas CT		5P		20					
Karakteristik		c s1							
SETTING		I prim.		I sek.					
Io >		0.03		60		0.15			
to >		0.27							
Io >>		#####		#####		#####			
to >>		#####							
DATA PENGUJIAN OCR									
x	I (Amp.)	t (detik)	t (detik) Diuji				%t		
I Set	Primer	Sekund.	Dihitung	R	S	T	(±5%)		
1.00	2,080	5.20							
1.50	3,120	7.80	3.06	3.1	3.1	3.1	1.3		
2.00	4,160	10.40	1.79	1.81	1.81	1.81	1.4		
3.00	6,240	15.60	1.12	1.13	1.13	1.13	0.7		
4.00	8,320	20.80	0.89	0.91	0.91	0.91	2.7		
5.00	10,400	26.00	0.78	0.79	0.79	0.79	1.1		
DATA PENGUJIAN GFR									
x	I (Amp.)	t (detik)	t (detik) Diuji				%t		
I Set	Primer	Sekund.	Dihitung	N				(±5%)	
1.00	60	0.15							
1.50	90	0.23	4.71	4.75				0.8	
2.00	120	0.30	2.75	2.78				1.2	
3.00	180	0.45	1.73	1.75				1.3	
4.00	240	0.60	1.36	1.38				1.1	
5.00	300	0.75	1.17	1.19				1.5	
									
UJI ARUS PICKUP & DROP OFF (Amp) Iset OCR (sek) 5.20 Iset GFR (sek) 0.15 PHASA IPU IDO %PU %PU/DO R 5.2 5.17 0.0 99 S 5.2 5.17 0.0 99 T 5.2 5.17 0.0 99 N 0.16 0.14 6.7 88									
CATATAN :									
DIUJI OLEH					Spv. Har. Relay dan Proteksi				
 M. Yusuf Fiqri					 Rachmad Ady Setiawan				

Gambar 4. 17 Hasil Uji Karakteristik Tahap 1

Berikut perhitungan uji karakteristik fungsi OCR tahap 2 pada relay incoming :

a. Pengujian dengan arus gangguan $I_f = 1.5 \times I_{set}$

$I_f = 1.5 \times 2080 \text{ A}$

If = 3120 A

Perhitungan waktu kerjanya dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$t : tms \left(\frac{\beta}{\left(\frac{if}{iset} \right)^{\alpha} - 1} \right)$$

$$t : 0.255 \left(\frac{0.14}{\left(\frac{3120}{2080} \right)^{0.02} - 1} \right)$$

$$t : 0.255 (17.194)$$

$$t : 4.38 \text{ S}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan diatas, pengujian karaktersitik relai OCR tahap 2 dapat di uji dengan data perhitungan sebagai mana pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Perhitungan waktu kerja relai OCR tahap 1

No.	Arus Gangguan (x Iset)	Arus Gangguan (A)	Waktu Kerja (S)
1	1.5	3120	4.38
2	2	4160	2.56
3	3	6240	1.61
4	4	8320	1.27
5	5	10400	1.12

Berikut perhitungan uji karakteristik fungsi GFR tahap 2 pada relai incoming :

a. Pengujian dengan arus gangguan If = 1.5 x I set

If = 1.5 x 60 A

If = 90 A

Perhitungan waktu kerjanya dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$t : tms \left(\frac{\beta}{\left(\frac{if}{iset} \right)^{\alpha} - 1} \right)$$

$$t : 0.34 \left(\frac{0.14}{\left(\frac{90}{60} \right)^{0.02} - 1} \right)$$

$$t : 0.34 (17.194)$$

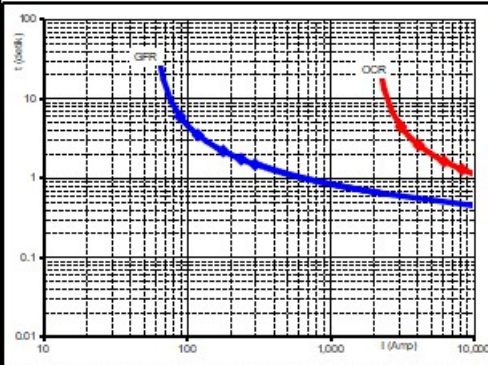
$$t : 5.88 \text{ S}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan diatas, pengujian karaktersitik relai GFR tahap 2 dapat di uji dengan data perhitungan sebagai mana pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 Perhitungan waktu kerja relai OCR tahap 1

No.	Arus Gangguan (x Iset)	Arus Gangguan (A)	Waktu Kerja (S)
1	1.5	90	5.88
2	2	120	3.43
3	3	180	2.16
4	4	240	1.7
5	5	300	1.46

Berikut Hasil Pengujian Karakteristik OCR dan GFR Tahap 2 :

DATA PENGUJIAN RELAY INCOMING OCR / GFR																																																							
HARI / TANGGAL		Wednesday 28 Agustus 2024																																																					
LOKASI		GI Paringin																																																					
NAMA PENYULANG		Bay Trafo 1																																																					
ARUS NOMINAL / BEBAN		1,732 Ampere	TEGANGAN KERJA		20 kV																																																		
MERK / TYPE RELAY		Micom	/		0																																																		
NO. SERI		0																																																					
DATA SETTING OCR																																																							
Ratio CT (P/S)	2,000	5																																																					
Kelas CT	5P	20																																																					
Karakteristik	c SI																																																						
SETTING	I prim.	I sek.																																																					
I >	1.04	2,080	5.20																																																				
t >	0.26																																																						
I >>	#####	#####	#####																																																				
t >>	#####																																																						
DATA SETTING GFR																																																							
Ratio CT (P/S)	2,000	5																																																					
Kelas CT	5P	20																																																					
Karakteristik	c SI																																																						
SETTING	I prim.	I sek.																																																					
Io >	0.03	60	0.15																																																				
to >	0.34																																																						
Io >>	#####	#####	#####																																																				
to >>	#####																																																						
DATA PENGUJIAN OCR																																																							
x	I (Amp.)		t (detik)	t (detik) Diuji			%t (±5%)																																																
I Set	Primer	Sekund.	Dihitung	R	S	T																																																	
1.00	2,080	5.20																																																					
1.50	3,120	7.80	4.38	4.41	4.41	4.41	0.6																																																
2.00	4,160	10.40	2.56	2.57	2.57	2.57	0.5																																																
3.00	6,240	15.60	1.61	1.63	1.63	1.63	1.4																																																
4.00	8,320	20.80	1.27	1.28	1.28	1.28	0.8																																																
5.00	10,400	26.00	1.12	1.13	1.13	1.13	1.0																																																
DATA PENGUJIAN GFR																																																							
x	I (Amp.)		t (detik)	t (detik) Diuji			%t (±5%)																																																
I Set	Primer	Sekund.	Dihitung	N																																																			
1.00	60	0.15																																																					
1.50	90	0.23	5.88	5.94			1.0																																																
2.00	120	0.30	3.43	3.46			0.9																																																
3.00	180	0.45	2.16	2.18			1.1																																																
4.00	240	0.60	1.70	1.72			1.0																																																
5.00	300	0.75	1.46	1.48			1.1																																																
 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">UJI ARUS PICKUP & DROP OFF (Amp)</th> </tr> <tr> <td>Iset OCR (sek)</td> <td colspan="5">5.20</td> </tr> <tr> <td>Iset GFR (sek)</td> <td colspan="5">0.15</td> </tr> <tr> <th>PHASA</th> <th>IPU</th> <th>IDO</th> <th>%PU</th> <th colspan="2">%PU/DO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R</td> <td>5.2</td> <td>5.17</td> <td>0.0</td> <td colspan="2">99</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>5.2</td> <td>5.17</td> <td>0.0</td> <td colspan="2">99</td> </tr> <tr> <td>T</td> <td>5.2</td> <td>5.17</td> <td>0.0</td> <td colspan="2">99</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>0.16</td> <td>0.14</td> <td>6.7</td> <td colspan="2">88</td> </tr> </tbody> </table> CATATAN:								UJI ARUS PICKUP & DROP OFF (Amp)						Iset OCR (sek)	5.20					Iset GFR (sek)	0.15					PHASA	IPU	IDO	%PU	%PU/DO		R	5.2	5.17	0.0	99		S	5.2	5.17	0.0	99		T	5.2	5.17	0.0	99		N	0.16	0.14	6.7	88	
UJI ARUS PICKUP & DROP OFF (Amp)																																																							
Iset OCR (sek)	5.20																																																						
Iset GFR (sek)	0.15																																																						
PHASA	IPU	IDO	%PU	%PU/DO																																																			
R	5.2	5.17	0.0	99																																																			
S	5.2	5.17	0.0	99																																																			
T	5.2	5.17	0.0	99																																																			
N	0.16	0.14	6.7	88																																																			
DIUJI OLEH				Spv. Har. Relay dan Proteksi																																																			
 M. Yusuf Figri				 Rachmad Ady Setiawan																																																			

Gambar 4. 18 Hasil Uji Karakteristik Tahap 2

Dari dua data hasil pengujian karakteristik diatas dapat disimpulkan bahwa relai masih berfungsi dan bekerja dengan baik, dengan hasil uji toleransi dibawah 5%. Pengujian karakteristik diatas juga diperlukan untuk mengetahui arus pickup relai sudah sesuai dengan setting yang diterapkan.

4.3.2 Hasil Pengujian Fungsi

Pengujian fungsi dilakukan dengan memberikan injeksi arus gangguan pada relai incoming dan memastikan Circuit Breaker (CB) trip dengan benar, kemudian indikasi yang muncul pada relai proteksi juga harus sesuai dengan arus gangguan yang kita injeksikan. Berikut hasil pengujian fungsi implementasi setting multifeeder pada relai incoming trafo 1 GI Paringin :

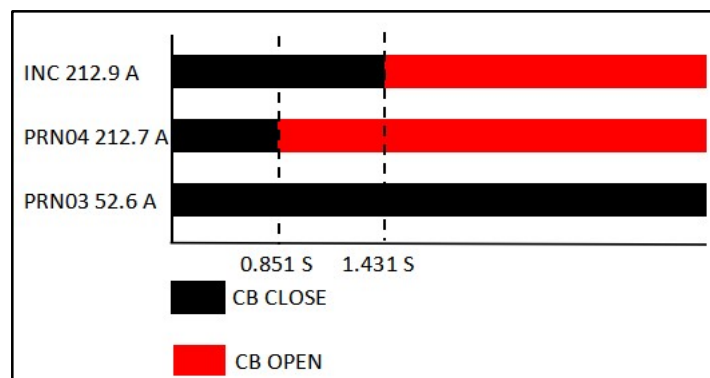
TEST UJI FUNGSI SISTEM PROTEKSI													
No.	Objek Pengaman	Pickup				TRIP CB					INDIKASI RELAI	Metode	Keterangan
		PRN 01	PRN 02	PRN 03	PRN 04	PRN 01	PRN 02	PRN 03	PRN 04	INC			
1	OCR Incoming Trip	√	√			√	√				OCR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
2	OCR Incoming Trip			√	√			√	√		OCR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
3	OCR Incoming Trip	√		√		√		√			OCR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
4	OCR Incoming Trip		√		√		√		√		OCR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
5	OCR Incoming Trip	√	√	√	√	√	√	√	√		OCR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
6	OCR Incoming Trip									√	OCR TAHAP 1 DA 2 TRIP	Ramping Arus	OK
7	GFR Incoming Trip	√	√			√	√				GFR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
8	GFR Incoming Trip			√	√			√	√		GFR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
9	GFR Incoming Trip	√		√		√		√			GFR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
10	GFR Incoming Trip		√		√		√		√		GFR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
11	GFR Incoming Trip	√	√	√	√	√	√	√	√		GFR TAHAP 1 TRIP	Ramping Arus	OK
12	GFR Incoming Trip									√	GFR TAHAP 1 & 2 TRIP	Ramping Arus	OK

Gambar 4. 19 Hasil Uji Fungsi Tahap 2

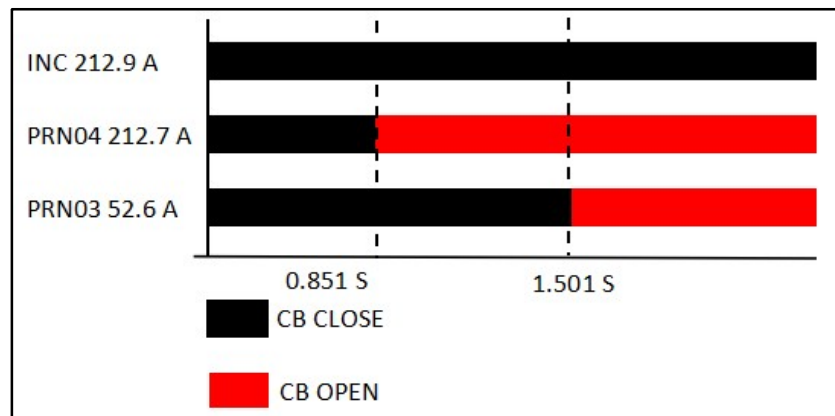
4.3.3 Hasil Perbaikan

Hasil Perbaikan yang didapatkan setelah aktifasi setting multifeeder pada relai incoming bay trafo 1 GI paringin untuk mengatasi gangguan pada tanggal 21 April 2023 dan 6 Agustus 2024 perbandingannya adalah sebagai berikut.

A. Perbandingan Perbaikan Gangguan Tanggal 21 April 2023



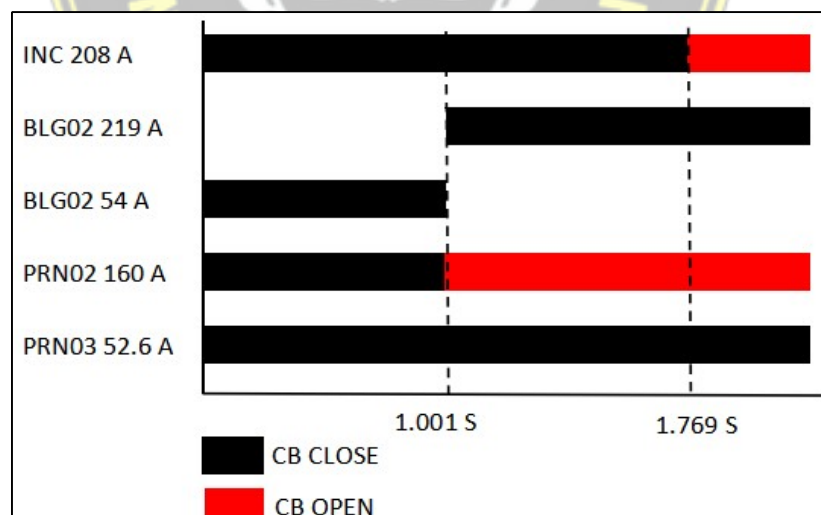
Gambar 4. 20 Sebelum Aktivasi Setting Multifeeder



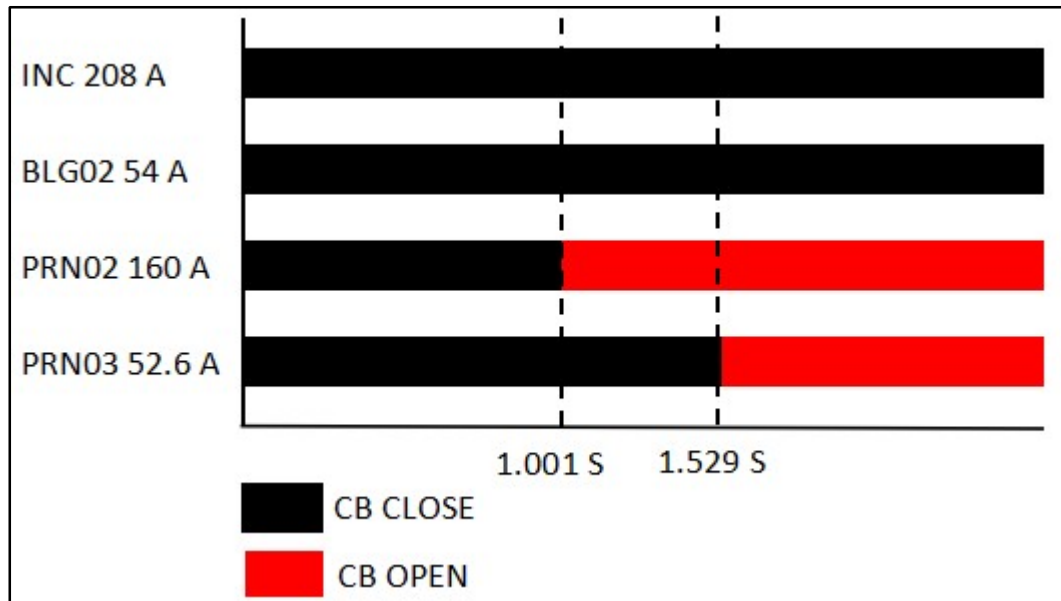
Gambar 4. 21 Sesudah Aktivasi Setting Multifeeder

Dari gambar perbandingan waktu kerja trip relai diatas sebelum aktivasi setting multifeeder CB incoming mengalami trip / open pada waktu 1.431 second, dan setelah dilakukan aktivasi setting multifeeder, CB incoming bay trafo 1 GI paringin tidak mengalami trip dan open CB karena gangguan sudah di lokalisir melalui setting multifeeder relai incoming tahap satu akan mengirimkan perintah open ke CB penyulang PRN 04 dan PRN 03 pada waktu 1.501 second.

B. Perbandingan Perbaikan gangguan Tanggal 6 Agustus 2024



Gambar 4.19 Sebelum Aktivasi Setting Multifeeder



Gambar 4. 22 Sesudah Aktivasi Setting Multifeeder

Dari gambar perbandingan waktu kerja trip relai diatas sebelum aktivasi setting multifeeder relai incoming mengalami trip dan CB open pada waktu 1.79 second, dan setelah dilakukan aktivasi setting multifeeder, CB incoming bay trafo 1 GI paringin tidak mengalami trip / open karena gangguan sudah di lokalisir melalui setting multifeeder relai incoming tahap satu akan mengirimkan perintah open ke CB penyulang PRN 02 dan PRN 03 pada waktu 1.529 second.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa didapat dari analisis penerapan setting multifeeder pada relai incoming bay trafo 1 GI Paringin adalah sebagai berikut :

1. Cara mengatasi agar relai incoming tidak trip jika terjadi gangguan dua atau lebih adalah dengan scanning setting relai dan menerapkan setting multifeeder pada relai incoming.
2. Cara kerja dari setting multifeeder pada relai incoming adalah jika setting kurva OCR/GFR tahap 1 tercapai ($I > 2080 \text{ A tms} : 0.180$, $I_e > 60 \text{ A tms} : 0.275$) maka akan mengirimkan perintah trip ke penyulang yang merasakan gangguan (pickup).
3. Perbandingan sebelum dan sesudah penerapan setting multifeeder pada relai incoming adalah gangguan incoming pada tanggal 21 April 2023, sebelum diterapkan CB incoming mengalami trip pada waktu 1.431 second, dan setelah dilakukan penerapan setting multifeeder CB penyulang PRN 04 dan PRN 03 trip pada waktu 1.501 second dan CB incoming tidak trip. Pada gangguan tanggal 6 Agustus 2024 sebelum aktivasi setting multifeeder, CB incoming mengalami trip open pada waktu 1.79 second, dan setelah dilakukan aktivasi setting multifeeder, CB penyulang PRN 02 dan PRN 03 trip pada waktu 1.529 second dan CB incoming tidak trip.

5.2 SARAN

Saran yang diberikan setelah penerapan setting multifeeder pada relai incoming bay trafo 1 GI paringin adalah:

1. Penerapan setting multifeeder ini mempunyai kelemahan yaitu relai penyulang yang mendapatkan perintah trip dari relai incoming tidak bisa memberikan

2. perintah auto reclose, sehingga diperlukan kajian lanjutan untuk mengatasi permasalahan tersebut
3. Mengingat hasil analisis yang dapat memberikan fungsi relai proteksi semakain handal, penerapan setting multifeeder ini agar segera dapat diterapkan diseluruh relai incoming Bay Trafo di wilayah kerja ULTG Barabai



DAFTAR PUSTAKA

- Dokumen, N., & Hadir, D. (2024). *Formulir notulen rapat*.
- Fiqri, M. (2023). *analisis Koordinasi relai Arus Lebih Pada Feeder Bay Trafo Daya 2 Di Pt. Pln Gis Listrik Menggunakan Etap 16.0. 0*.
<https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/20176%0Ahttps://repositori.uma.ac.id/jspui/bitstream/123456789/20176/1/178120036> - Muhammad Fiqri - Fulltext.pdf
- Nugoho, A., & Sukmadi, T. (2017). Koordinasi Over Current relai (Ocr) Sisi Incoming 1 Dengan Ocr Sisi Outgoing Kls 03 Pada Gi Kalisari. *Transmisi*, 19(3), 114. <https://doi.org/10.14710/transmisi.19.3.114-119>
- PPT KS MULTIFEEDER FINAL*. (n.d.).
- PT. PLN (Persero). (2013). Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali. *PT PLN (Persero)*, September, 513.
<https://pdfcoffee.com/buku-rele-proteksipdf-pdf-free.html>
- Ir.Wahyudi sarimun N.,MT., “Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik,” 2012
- “Inverse Time Over Current (TOC/IDMT) relai Trip Time Calculator.” 2024.
- Agi, Sarinah, Dia Savitri, Feby Ardianto, and Bengawan Alfaresi. 2019. 13
 Setting Kerja Waktu Relay Arus Lebih Pada Penyulang Kikim Di Gardu Induk Sungai Juaro.
- Novia, Candra, Hadi Tasmono, and Reza Sarwo Widagdo. ANALISA SETTING RELAY PADA PENYULANG SIMO KWAGEAN.
- Elvi Idriana, Raihan Putri, Selamat Meliala, Dedi Fariadi."ANALISA SETTING KOORDINASI PROTEKSI OVER CURRENT RELAY PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) ULP PANGKALAN BRANDAN".
- Tobi Pangestu, Mhd, and Misbahul Jannah. “ANALISIS SETTING OVER CURRENT RELAY PADA PENYULANG SUNGAI IYU GARDU INDUK TUALANG CUT.”

Indrajaya Putra, Adhitya, and Bambang Winardi. EVALUASI SETTING RELAY ARUS LEBIH DAN SETTING RELAY GANGGUAN TANAH PADA GARDU INDUK 150KV BAWEN.

Bambang winardi, Karnoto and Adhitya. Analisis Setting over Current Relay Dan Ground Fault Relay Pada Sisi Incoming Travo 60 MVA Dan Outgoing Feeder.

Madani, Moh et al. Analisa Setting Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Trafo 60 MVA Di GIS 150 KV Simpang.

Januwardi, Didin. 2019. 6 KOORDINASI SETTING RELAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR 60 MVA DI GARDU INDUK AMPENAN
Coodination of Setting Protection Relay on the Transformer 60 MVA IN Ampenan Substation.

Rendra Agustio Efransyah. "Mengenal Over Currenet Relay (OCR) Inverse dan Definite". 2023.

