

**ANALISIS GANGGUAN BEBAN LEBIH PENYULANG 20 KV  
DENGAN SISTEM RELAY TANPA KONFIGURASI CASCADE**

**TUGAS AKHIR**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1**

**Pada Program Studi Teknik Elektro**

**Universitas Islam Sultan Agung**



**Di susun oleh :**

**WAHYU AINUN NAIM**

**30602200082**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2024**

***ANALYSIS OF OVERLOAD DISTURBANCE ON 20 KV  
REFEITER WITH RELAY SYSTEM WITHOUT CASCADE  
CONFIGURATION***

***FINAL PROJECT***

***Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at  
Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology,  
Universitas Islam Sultan Agung***



**Di susun oleh :**

**WAHYU AINUN NAIM**

**30602200082**

**DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING


Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS GANGGUAN BEBAN LEBIH PENYULANG 20 KV DENGAN SISTEM RELAY TANPA KONFIGURASI CASCADE”, ini disusun oleh :

Nama : Wahyu Ainun Naim  
NIM : 30602200082  
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Rabu  
Tanggal : 27 Agustus 2024

Pembimbing I



**Ir. Arief Marwanto, ST., M.Eng.,  
Phd., IPM.**  
NIDN. 0628097501

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



**Jenny Putri Hapsari, ST., MT.**  
NIDN. 0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS GANGGUAN BEBAN LEBIH PENYULANG 20 KV DENGAN SISTEM RELAY TANPA KONFIGURASI CASCADE”, ini telah dipertahankan didepan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 27 Agustus 2024

### TIM PENGUJI

Anggota I

Anggota II



Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Arttini Dwi P.,  
M.SI.

Ir. Arief Marwanto, ST., M.Eng.,  
Phd., IPM.

NIDN. 0620026501

NIDN. 0628097501

**Ketua Penguji**



Ir. Ida Widiastuti, MT,

NIDN. 0005036501

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

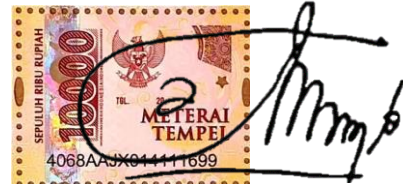
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Ainun Naim  
NIM : 30602200082  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS GANGGUAN BEBAN LEBIH  
PENYULANG 20 KV DENGAN SISTEM  
RELAY TANPA KONFIGURASI  
CASCADE

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 04 September 2024

Yang menyatakan



(Wahyu Ainun Naim)

NIM. 30602200082

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wahyu Ainun Naim

NIM : 30602200082

Program Studi : Teknik Elektro

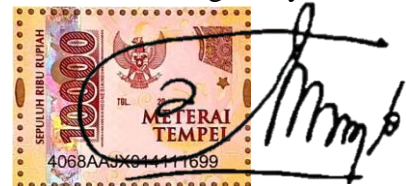
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul **“ANALISIS GANGGUAN BEBAN LEBIH PENYULANG 20 KV DENGAN SISTEM RELAY TANPA KONFIGURASI CASCADE”** dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan atas dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan 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 Universitas Islam Sultan agung.

Semarang, 04 September 2024

Yang menyatakan

A 1000 Rupiah postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and '4068AAJX64111699'. The signature is written in black ink over the stamp.

Wahyu Ainun Naim

## PERSEMBAHAN DAN MOTTO

### Persembahan :

Pertama,

Tugas Akhir ini akan saya persembahkan kepada kedua orang tua saya yang saya cintai (Bapak Sukarmat & Ibu Siti ROmlah) yang sudah membesarkan saya, memberikan dukungan dan menjadi motivasi hidup saya dalam menyelesaikan studi saya hingga saat ini. Dan juga kepada saudara saya yang menyemangati saya, serta calon istri saya ( Anastasya Salsabila ) merupakan penunjang untuk dapat menyelesaikan perkuliahan.

Kedua,

Untuk Dosen pembimbing, Dosen Teknik Elektro, beserta admin Teknik Elektro yang selalu sabar menghadapi saya, memberikan ilmu, saran dan pengarahannya.

Ketiga,

Untuk teman seperjuangan Tugas Akhir dan tidak lupa teman-teman Teknik Elektro angkatan 2024 yang saling memberikan dukungan.

**Motto :**

“Maka sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan”

(QS Al Insyirah : 5)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al Baqarah : 286)

“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang – orang yang sabar”

(AQ. Al Insyirah : 5)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri”

(QS. Ar Ra’d : 11)

“Dan apabila dikatakan. “Berdirilah kamu,” maka berdirilah, niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang – orang yang beriman diantaramu dan orang – orang yang diberi ilmu beberapa derajat”

(QS. Al Mujadilah : 11)

“ Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim. No. 2699)



## KATA PENGANTAR

### **Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

Alhamdulillahirobbilalamin segala puja dan puji syukur yang tak terhingga atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan sekaligus laporan tugas akhir yang berjudul “Analisis gangguan beban lebih penyulang 20 kV dengan system relay tanpa konfigurasi cascade” dengan sebaik -baiknya. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar kita Nabi Muhammad SAW.

Laporan tugas akhir merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa/i untuk meraih gelar sarjana (S1) di program studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas mendapat bantuan dari berbagai pihak. Dengan rasa setulus hati, penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridhonya serta memberikan ketabahan, kesabaran dan kelapangan hati serta pikiran dalam menimba ilmu.
2. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Terimakasih kepada Dosen Pembimbing saya Bapak Arief Marwanto yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Kedua orang tua saya tercinta yang telah memberikan dukungan baik materiil maupun non materiil dan tidak pernah berhenti mendo'akan saya disetiap sujudnya.
8. Kepada sahabat seperjuangan saya, yaitu Mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2022 yang membantu dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Penulis meminta maaf dan juga membutuhkan kritik maupun saran yang membangun dari berbagai pihak, sehingga kedepan Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis juga, wallahua'alam bissowab.

**Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**



Semarang, Mei 2024

Wahyu Ainun Naim

## DAFTAR ISI

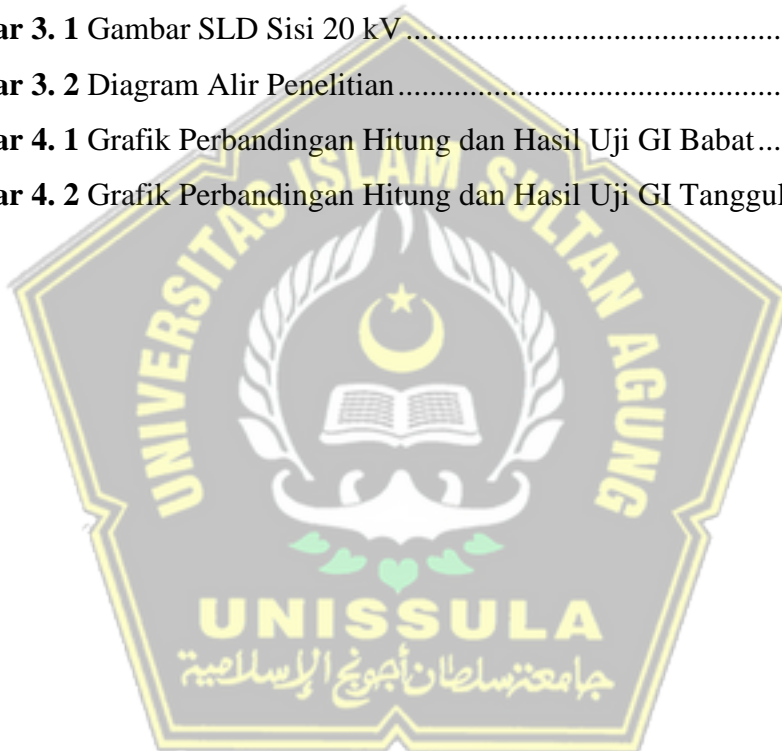
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
PERSEMBAHAN DAN MOTTO .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
ABSTRAK .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	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 .....	6
2.2.1 Sistem Proteksi Bay Trafo 150/20 kV 60 MVA .....	8
2.2.2 Over Current Relay .....	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Model Penelitian.....	21
3.2 Objek Penelitian .....	21
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.4 Data Penelitian .....	23
3.5 Langkah Penelitian .....	23

3.5.1	Observasi Lapangan .....	23
3.5.2	Data .....	23
3.6	Proses Pengambilan Data .....	26
3.6.1	Alat dan Bahan .....	26
3.6.2	Proses Pengujian .....	26
3.7	Pelaksanaan Pengujian .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS .....</b>		<b>28</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	28
4.2	Data Pengujian OCR Pola Koordinasi Cascade .....	28
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>37</b>
5.1	Kesimpulan .....	37
5.2	Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>40</b>



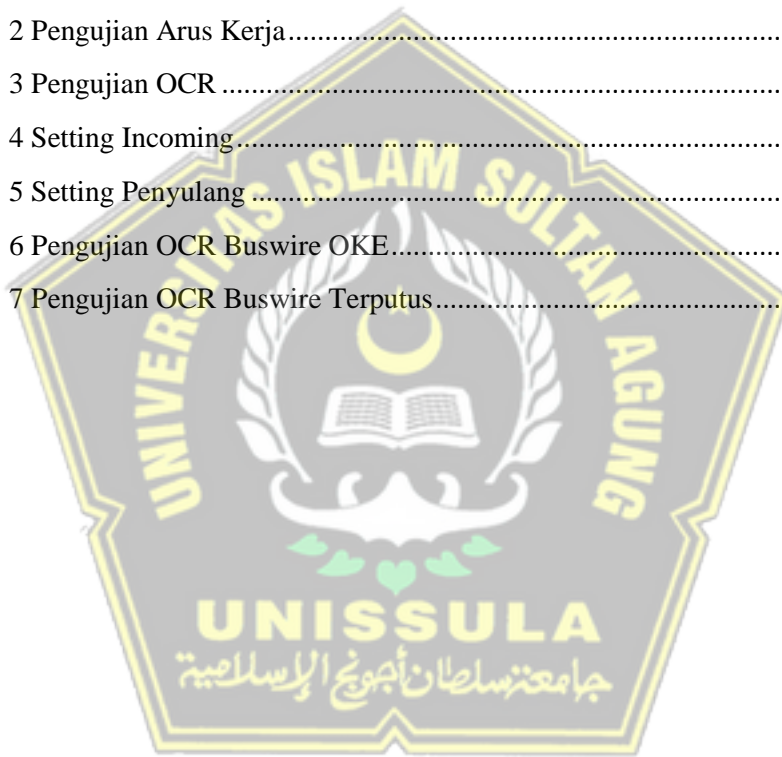
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Daerah Kerja Proteksi OCR Incoming[3].....	9
<b>Gambar 2. 2</b> Skematik Pola Koordinasi non-Cascade [3] .....	15
<b>Gambar 2. 3</b> Rangkaian Pola Koordinasi non-Cascade[3] .....	16
<b>Gambar 2. 4</b> Logika trip Pola Koordinasi non-Cascade[3] .....	17
<b>Gambar 2. 5</b> Rangkaian Pola Koordinasi non-Cascade[3] .....	18
<b>Gambar 2. 6</b> Logika trip Pola Koordinasi non-Cascade[3] .....	19
<b>Gambar 3. 1</b> Gambar SLD Sisi 20 kV .....	21
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Alir Penelitian .....	22
<b>Gambar 4. 1</b> Grafik Perbandingan Hitung dan Hasil Uji GI Babat.....	31
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik Perbandingan Hitung dan Hasil Uji GI Tanggul.....	36



## DAFTAR TABEL

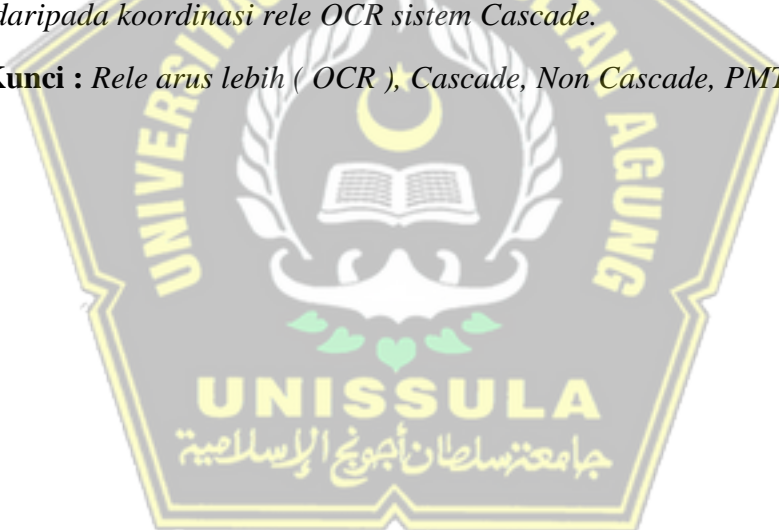
Tabel 3. 1 Nameplate Trafo GI Tanggul.....	23
Tabel 3. 2 Nameplate Incoming GI Tanggul .....	24
Tabel 3. 3 Nameplate Penyulang Mlokorejo GI Tanggul .....	24
Tabel 3. 4 Nameplate Trafo GI Babat.....	25
Tabel 3. 5 Nameplate Incoming GI Babat .....	25
Tabel 4. 1 Data Setting.....	28
Tabel 4. 2 Pengujian Arus Kerja.....	29
Tabel 4. 3 Pengujian OCR .....	29
Tabel 4. 4 Setting Incoming.....	31
Tabel 4. 5 Setting Penyulang .....	32
Tabel 4. 6 Pengujian OCR Buswire OKE.....	32
Tabel 4. 7 Pengujian OCR Buswire Terputus.....	35



## ABSTRAK

*Gangguan pada satu transformator dapat mengakibatkan pemadaman listrik, yang membahayakan stabilitas sistem. Gangguan tersebut muncul akibat kegagalan sistem proteksi untuk beroperasi secara bersamaan pada sisi penyulang dan sisi masuk. Salah satu alasan utama terjadinya gangguan adalah kurangnya koordinasi waktu yang sesuai dengan situasi. Lebih jauh, gangguan penyulang berupa trip PMT yang gagal (pembukaan PMT macet atau tertunda) dan miskoordinasi relai waktu grading antara sisi masuk dan penyulang 20kV juga dapat mengakibatkan penurunan kualitas transformator, mekanisme non-kaskade dibuat untuk mencegah PMT pengumpan 20kV dari gangguan karena kerentanan PMT untuk tidak tersandung (gangguan atau pembukaan terlalu lambat), Pada penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil uji antara koordinasi rele OCR sistem Cascade dan Non-Cascade. Pada pengujian tersebut terbagi menjadi 3 level dan 1 simulasi gangguan gagal trip. Setelah mengetahui perbandingan hasil uji maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa koordinasi rele OCR sistem Non-Cascade lebih efektif daripada koordinasi rele OCR sistem Cascade.*

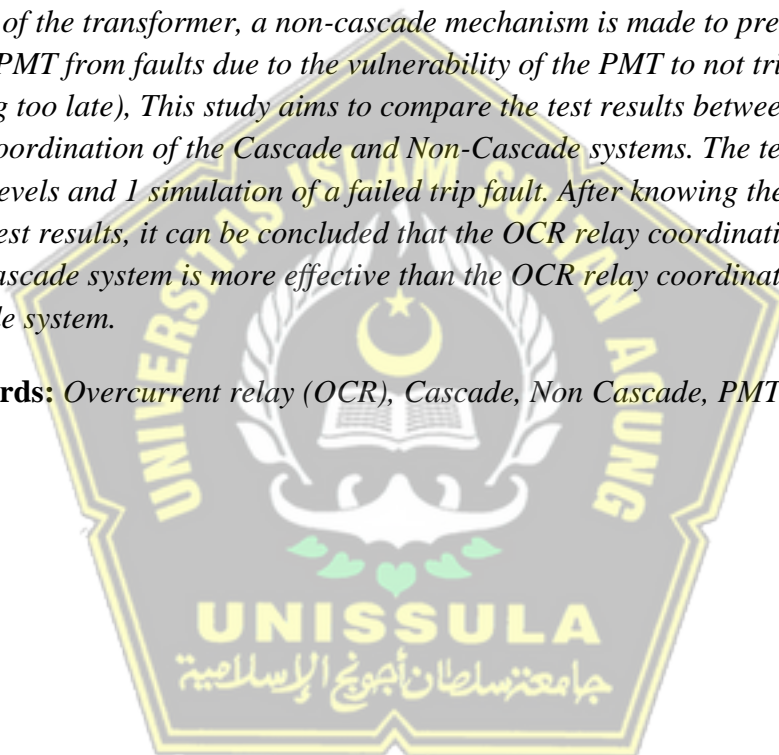
**Kata Kunci :** *Rele arus lebih ( OCR ), Cascade, Non Cascade, PMT*



## ABSTRACT

*A fault in one transformer can result in a power outage, which endangers the stability of the system. The fault occurs due to the failure of the protection system to operate simultaneously on the feeder side and the input side. One of the main reasons for the fault is the lack of time coordination that is appropriate to the situation. Furthermore, the feeder fault in the form of failed PMT trips (PMT opening is stuck or delayed) and miscoordination of the grading time relay between the input side and the 20kV feeder can also result in a decrease in the quality of the transformer, a non-cascade mechanism is made to prevent the 20kV feeder PMT from faults due to the vulnerability of the PMT to not trip (fault or opening too late), This study aims to compare the test results between the OCR relay coordination of the Cascade and Non-Cascade systems. The test is divided into 3 levels and 1 simulation of a failed trip fault. After knowing the comparison of the test results, it can be concluded that the OCR relay coordination of the Non-Cascade system is more effective than the OCR relay coordination of the Cascade system.*

**Keywords:** *Overcurrent relay (OCR), Cascade, Non Cascade, PMT*





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan listrik dibutuhkan oleh setiap manusia dalam kehidupan di era modern sekarang ini, yaitu untuk keperluan sosial, ekonomi dan kebutuhan sehari-hari. PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan yang mengelola kelistrikan negara sangat diharapkan oleh masyarakat untuk meningkatkan kehandalan dalam penyaluran listrik. Dalam penyaluran tenaga listrik tentunya terdapat material-material yang di gunakan untuk menyalurkan tenaga listrik mulai saat listrik dibangkitkan sampai dikonsumsi oleh konsumen.

Untuk menyalurkan listrik dari pembangkit ke konsumen melewati 3 tahap, yaitu Pembangkitan, Saluran Transmisi, dan Saluran distribusi. Saluran Transmisi sendiri memiliki asset jaringan berupa Tower dan Gardu Induk sebagai persimpangan jalur. Gardu Induk sendiri memiliki beberapa komponen tenaga listrik seperti PMT, PMS, CT, CVT, LA, dan Trafo.

PMT berfungsi sebagai menghubungkan dan memutus saluran tenaga listrik dalam keadaan berbeban, PMS berfungsi sebagai menghubungkan dan memutus saluran tenaga listrik, CT berfungsi mentransformasikan Arus dari tinggi ke rendah untuk kepentingan proteksi dan metering, CVT berfungsi mentransformasikan Tegangan dari tinggi ke rendah untuk kepentingan proteksi dan metering, LA berfungsi untuk melindungi peralatan dari surja petir, dan Trafo sendiri berperan sebagai pengubah tegangan dari tegangan rendah menjadi tegangan tinggi maupun sebaliknya.

Gangguan pada satu transformator dapat mengakibatkan pemadaman listrik, yang membahayakan stabilitas sistem. Gangguan tersebut muncul akibat kegagalan sistem proteksi untuk beroperasi secara bersamaan pada sisi penyulang dan sisi masuk. Salah satu alasan utama terjadinya gangguan adalah kurangnya koordinasi waktu yang sesuai dengan situasi. Lebih jauh, gangguan penyulang berupa trip PMT yang gagal (pembukaan PMT macet atau tertunda) dan miskordinasi relai

waktu grading antara sisi masuk dan penyulang 20kV juga dapat mengakibatkan penurunan kualitas transformator [1].

Beberapa Gardu Induk menggunakan pola koordinasi rele OCR Sistem Cascade. Tetapi pola koordinasi rele OCR Sistem Cascade memiliki beberapa kelemahan salah satunya delay waktu tunggu yang cenderung lebih lama karena harus bekerja secara berurutan.

Mekanisme non-kaskade dibuat untuk mencegah PMT pengumpan 20kV dari gangguan karena kerentanan PMT untuk tidak tersandung (gangguan atau pembukaan terlalu lambat)[1].

## **1.2 Perumusan Masalah**

Bedasarkan latar belakang yang telah dibuat, maka penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana membandingkan kinerja OCR pada penyulang 20 kV dengan dan tanpa konfigurasi Cascade ?
- b. Bagamimana cara kerja karakteristik invers dan karakteristik definite?

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Batasan masalah penelitian ini adalah :

- a. Sistem tenaga listrik yang menjadi objek Tugas Akhir adalah ANALISIS GANGGUAN Beban Lebih Penyulang 20 kV dengan Sistem Relay Tanpa Konfigurasi Cascade.
- b. Penelitian ini akan diperlihatkan perbandingan hasil uji antara system cascade dan non cascade.
- c. Pembahasan hanya seputar pengaman jenis Relay OCR dengan system cascade dan non cascade, tidak akan membahas jenis pengaman lainnya.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah

- a. Mengetahui cara kerja Relay OCR yang dirangkai secara Cascade maupun Non Cascade pada jaringan system sekunder Trafo 20kV beserta keuntungan dan kekurangannya.
- b. Mengetahui kinerja dari cascade non cascade untuk meningkatkan umur pakai sekunder trafo di sistem penyulang 20 kV

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai langkah pencegahan kegagalan Proteksi dalam mengamankan peralatan dari arus gangguan.
- b. Meberikan rasa aman untuk masyarakat dan pihak PT PLN Persero.
- c. Dapat menentukan metode yang tepat untuk digunakan sebagai pengamanan system tenaga listrik.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Memberikan gambaran secara garis besar, dalam hal ini dijelaskan isi dari masing–masing bab dari laporan ini. Sistematika penulisan dalam pembuatan laporan ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I**

##### **PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan penelitian, manfaat dan tujuan penelitian, keaslian penelitian, sistematis penulisan.

#### **BAB II**

##### **KAJIAN PUSTAKA & DASAR TEORI**

Berisi tentang materi hasil – hasil penelitian sesuai topik yang dibuat dengan mengadaptasi laporan – laporan, report jurnal, proseding, makalah atau referensi lain. Serta menuliskan kelebihan serta kekurangan di masing – masingnya.

#### **BAB III**

##### **METODE PENELITIAN**

Berisi tentang model penelitian, alat bahan yang digunakan bisa menggunakan software/hardware sebagai media pendukung, memberikan prosedur penelitian, melakukan simulasi atau

eksperimen serta mendapatkan hasil dari suatu penelitian yang dilakukan.

**BAB IV**

**HASIL DAN ANALISIS**

**BAB V**

**PENUTUP**

Bab yang mendeskripsikan penyelesaian Tugas Akhir, dapat dibuat pertimbangan dan rekomendasi berdasarkan temuan data penelitian dan analisis yang dilakukan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Beberapa penelitian terdahulu tentang ANALISIS GANGGUAN Beban Lebih Penyulang 20 kV dengan Sistem Relay Tanpa Konfigurasi Cascade telah dilakukan oleh para peneliti, antara lain :

- a. Rancang Bangun Simulator Rele OCR Sistem Cascade dan Non Cascade[1], Simulator Rele OCR Sistem Cascade dan Non cascade merupakan alat yang dirancang untuk mensimulasikan cara kerja rele OCR (over current relay) di bagian incoming dan penyulang dengan sistem cascade maupun non cascade pada suatu sistem penyaluran tenaga listrik. Simulator ini dibuat dengan menggunakan AT MEGA 2560 yang terpasang pada Board Arduino sebagai pengatur dari semua sistem yang dirancang. Terdapat 4 board yang dibuat untuk mendukung sistem yang dirancang, board tersebut adalah main board, board switching rele, board rangkaian gerbang logika dan board sensor servo. Main board berisikan button serta LCD 16 x 2 dan konektor untuk menghubungkan ke board lainnya. Board switching rele berisikan rele 12 VDC dan sistem switching transistor untuk menjalankannya. Board rangkaian gerbang logika berisi gerbang – gerbang logika untuk memenuhi kondisi yang diinginkan. Board sensor servo yaitu board yang berisikan sensor posisi dari servo yang mensimulasikan pergerakan dari konduktor yang mendekati konduktor lainnya[1].
- b. Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel[2], Gangguan hubung singkat menyebabkan terjadinya arus lebih yang besar dan dapat menyebabkan gangguan pada kinerja peralatan seperti trafo distribusi dan menyebabkan gangguan yang terjadi semakin meluas. Dalam mengatasi hal atau gangguan tersebut dibutuhkan system proteksi pada system distribusi. Melihat hal tersebut perlu adanya suatu koordinasi antara komponen penunjang system proteksi tersebut yang terdiri dari Over Current Relay (OCR), dan Ground

Fault Relay (GFR). Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan, INDONESIA pada Recloser di saluran Penyulang Penebel. Setting OCR antara relay penyulang Penebel, Recloser Celagi, Recloser Bakisan dan Recloser Benana masih kurang selektif, dengan nilai waktu koordinasi antar pengaman rata-rata masih kurang dari 0,2 detik. Maka setting OCR dan GFR relay penyulang Penebel, recloser Celagi, Recloser Bakisan, dan Recloser Benana direkomendasikan untuk dilakukan setting ulang agar dapat meminimalisir gangguan dan system distribusi tenaga listrik menjadi handal[2].

- c. Penerapan Pola Koordinasi Proteksi Non-Cascade Pada Ocr Incoming Dan Ocr Penyulang Trafo[3], Keandalan merupakan poin penting dalam proses penyaluran energi listrik yang baik. Sangat penting untuk mengisolasi gangguan secara cepat agar gangguan tidak merusak peralatan ataupun mengganggu sistem lain yang masih bekerja. Disisi lain selektivitas sistem proteksi tetap harus terjaga agar tidak terjadi pemadaman yang tidak diperlukan. Permasalahan pada koordinasi proteksi eksisting adalah hanya menggunakan koordinasi waktu tunda trip antara Over-current Relay (OCR) incoming dan OCR penyulang untuk mengisolasi gangguan pada sistem. Ketika terjadi gangguan di Busbar 20kV, arus gangguan yang besar akan mengalir melalui transformator selama waktu tunda operasi. Pola koordinasi proteksi Non-Cascade menggunakan koordinasi sederhana antara OCR incoming dan semua OCR penyulang untuk menentukan lokasi gangguan dengan tepat. Dengan menggunakan skema koordinasi ini, gangguan Busbar 20 kV dapat dideteksi secara akurat dan dapat di isolasi secara instan namun tetap memberikan waktu kepada OCR penyulang jika terjadi gangguan terjadi di penyulang[3].

## 2.2 Landasan Teori

Relai arus lebih bekerja ketika arus melebihi ambang batas aman tertentu dan dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Tugas utama relai arus lebih ini adalah

mendeteksi adanya arus berlebih dan kemudian memerintahkan pemutus beban (PMT) untuk membuka[1].

Pada hakikatnya, relai arus lebih adalah suatu alat yang menggunakan transformator arus untuk mengukur besarnya arus yang mengalir melalui suatu jaringan. Pengaturannya adalah besarnya atau besarnya arus yang dapat mengalir melaluinya[1].

Pada dasarnya, relai arus lebih adalah perangkat yang menggunakan transformator arus untuk mengukur jumlah arus yang mengalir melalui jaringan. Set adalah jumlah atau besaran yang mungkin mengalir melaluinya. Pemasangan relai OCR berfungsi sebagai pengaman bagi pengumpan, transformator, motor, dan saluran transmisi. Relai perlu dikonfigurasi untuk beroperasi secepat mungkin sambil meminimalkan jumlah sistem yang perlu dimatikan. Arus nominal transformator daya harus ditentukan sebelum mengatur relai OCR pada sisi utama dan sekunder transformator. Persamaan yang dapat digunakan untuk mendapatkan pengaturan arus untuk relai OCR di sisi primer dan sekunder transformator daya adalah[2] :

$$I_{set} (\text{prim}) = \frac{1,2 \cdot I_p}{CT_p} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.1}$$

Keterangan :

I set = Setting Arus

I<sub>p</sub> = Arus Nominal Pada Sisi Primer

CT<sub>p</sub> = Ratio transformator arus pada sisi primer

Relai arus lebih bekerja berdasarkan pengukuran arus, yaitu akan aktif jika mendeteksi arus yang melebihi nilai yang ditentukan. Pengaturan arus relai harus tetap bekerja pada arus hubung singkat 2 fasa minimal, meskipun relai arus lebih diatur lebih besar dari kapasitas arus nominal peralatan terkecil (110–120% dari nominal). Waktu operasi relai arus lebih penghantar diatur +/- 1 (satu) detik pada arus hubung singkat 2 fasa maksimum bus lokal[4].

Relai ini digunakan untuk mendeteksi gangguan antarfase; dapat digunakan dengan karakteristik pasti (durasi kerja konstan terlepas dari besarnya gangguan) atau karakteristik terbalik (relai akan beroperasi lebih cepat jika arus gangguan yang dideteksinya lebih besar). Lebih jauh, relai arus lebih memiliki fungsi set tinggi

sesaat (juga dikenal sebagai langsung atau seketika). Standar IEC disebut sebagai karakteristik terbalik standar (SI). Karena tidak dapat menentukan lokasi masalah yang tepat jika proteksi primer gagal, relai ini digunakan sebagai proteksi cadangan[4].

Karakteristik proteksi penghantar yang dipilih adalah kurva yang sama yaitu kurva standar invers (IEC) agar dapat terkoordinasi secara penuh dengan relai arus lebih di sisi yang lain (bukan relai arus lebih yang terpasang pada penghantar). Fungsi high set tidak diaktifkan agar tetap menjaga selektivitas dengan proteksi primer[4].

Sangat penting untuk mempertimbangkan pemanfaatan fitur proteksi kelebihan beban ketika berhadapan dengan skenario sirkuit ganda ketika beban operasional masing-masing sirkuit lebih dari 60%[4].

Parameter OCR/GFR umumnya adalah[5]:

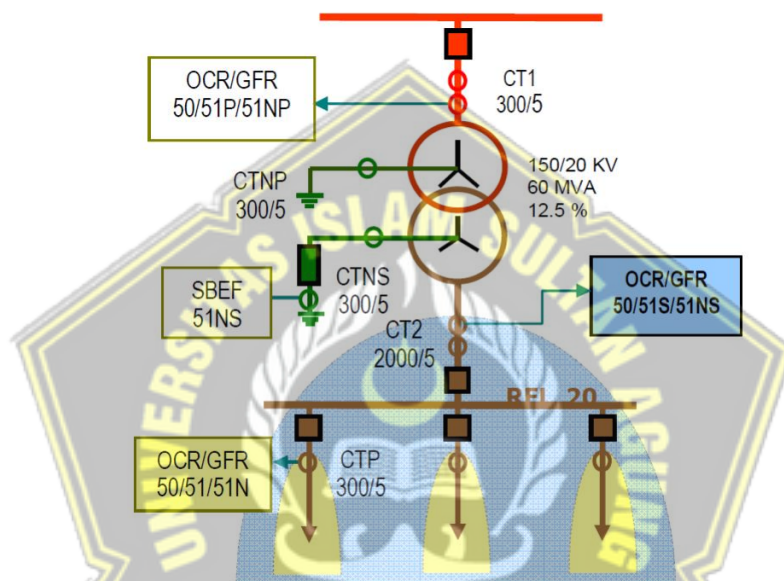
1. Pengaturan arus minimum yang diperlukan untuk mengoperasikan relai dikenal sebagai nilai arus kerja minimum.
2. Jumlah arus yang memicu relai untuk mereset setelah mengalami peningkatan dikenal sebagai nilai arus reset atau drop off.
3. Untuk arus gangguan besar, nilai arus kerja yang ditetapkan tinggi sama dengan pengaturan arus kerja yang ditetapkan tinggi.
4. Faktor-faktor untuk memilih kurva waktu kerja dikenal sebagai karakteristik waktu kerja.
5. Nilai waktu kerja relai adalah konfigurasi waktu kerjanya, yang didasarkan pada parameter yang telah ditetapkan sebelumnya.

Sistem koordinasi proteksi saat ini diteliti pada bagian pertama dari penelitian ini. Langkah kedua melibatkan perancangan dan penerapan teknik koordinasi pola non-Cascade, yaitu menggunakan logika trip dan desain sirkuit. Terakhir, simulasi, pengujian, dan analisis dilakukan pada skema koordinasi non-Cascade yang dikembangkan [5].

### **2.2.1 Sistem Proteksi Bay Trafo 150/20 kV 60 MVA**



Trafo daya 150/20 kV 60 MVA di ruang trafo gardu induk menyediakan daya listrik ke feeder. Melalui busbar 20 kV, trafo memisahkan dan mendistribusikan listrik ke feeder yang terhubung langsung ke jaringan distribusi SKTM atau SUTM. Bagian input dan output trafo dihubungkan oleh busbar 20 kV. PMT dan relai dipasang pada komponen input untuk menjaga dari gangguan luar. Berikut ini dijabarkan daerah kerja feeder dan incoing dari masing-masing sistem proteksi feeder[5].



**Gambar 2. 1** Daerah Kerja Proteksi OCR Incoming[3]

Sistem proteksi untuk ruang transformator didasarkan pada koordinasi banyak relai, salah satunya adalah relai masuk OCR 20 kV. Salah satu pengamanan yang paling mudah dan efisien dalam sistem proteksi adalah relai arus lebih (OCR). Dua pengaturan OCR utama untuk bentuk proteksi ini adalah arus gangguan dan waktu operasi. Hal ini dimaksudkan untuk melindungi sistem atau peralatan dari arus yang berlebihan. OCR beroperasi dengan membandingkan arus terukur dengan nilai arus gangguan yang telah ditentukan sebelumnya. Jika arus terukur lebih tinggi dari arus pengaturan gangguan, OCR akan mengidentifikasi masalah dan memicu trip PMT. Waktu operasi adalah interval waktu antara deteksi kesalahan dan transmisi perintah trip (waktu tunda trip). OCR dapat dibagi menjadi beberapa kategori sesuai

dengan waktu kerjanya, seperti waktu langsung, waktu pasti, dan waktu terbalik [5].

CT 20 kV pada saluran masuk ke feeder adalah zona proteksi OCR saluran masuk. Koordinasi proteksi antara OCR saluran masuk dan feeder diperlukan untuk memastikan bahwa, jika terjadi gangguan feeder, OCR saluran masuk 20 kV tidak beroperasi lebih cepat daripada OCR feeder. Proses untuk mengetahui bagaimana sistem proteksi akan bereaksi terhadap gangguan yang berbeda dalam sistem tenaga listrik dikenal sebagai koordinasi proteksi. Tujuan dari koordinasi proteksi adalah untuk meningkatkan selektivitas sehingga sistem tenaga listrik aman dan dapat diandalkan bahkan dalam menghadapi berbagai gangguan. Pola koordinasi yang digunakan sebagian besar ditentukan oleh pengaturan sistem dan jaringan kelistrikan; skema koordinasi proteksi harus beroperasi pada tingkat kecepatan, selektivitas, dan ketergantungan [5].

Terdapat beberapa masalah dengan koordinasi OCR pengumpuan arus dan OCR masuk. Karena pengaturan waktu operasi OCR masuk berisi penundaan waktu untuk memperhitungkan waktu kerja relai pengumpuan, gangguan pada Busbar 20 kV tidak dapat segera diisolasi. Demikian pula, jika terjadi kegagalan peralatan sisi pengumpuan, OCR masuk akan terus menunggu waktu operasi berlalu sebelum mengisolasi gangguan. Ketika arus gangguan TFC mengalir di transformator selama celah waktu operasi OCR masuk saat gangguan terjadi, ada kemungkinan lebih tinggi bahwa umur transformator akan dipersingkat [5].

### **2.2.2 Over Current Relay**

Relai arus lebih bekerja ketika arus melebihi ambang batas aman tertentu dan dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Tugas utama relai arus lebih ini adalah mendeteksi adanya arus berlebih dan kemudian memerintahkan pemutus beban (PMT) untuk membuka [1].

Pada hakikatnya, relai arus lebih adalah suatu alat yang menggunakan transformator arus untuk mengukur besarnya arus yang mengalir melalui suatu jaringan. Pengaturannya adalah besarnya atau besarnya arus yang mungkin mengalir melaluinya [1].

Relai OCR dipasang untuk melindungi pengumpalan, kabel transmisi, transformator, dan motor. Relai perlu dikonfigurasi agar beroperasi secepat mungkin sambil meminimalkan jumlah sistem yang perlu dimatikan. Arus nominal transformator daya harus ditentukan sebelum menyetel pengaturan relai OCR pada sisi utama dan sekunder transformator.

Relai masukan arus analog yang dikenal sebagai relai OCR akan aktif jika merasakan gangguan yang lebih besar dari ambang batas yang telah ditetapkan, terutama dalam kasus gangguan fase-ke-fase. OCR harus berfungsi pada gangguan arus hubung singkat 2 fase minimum dan diatur lebih besar dari kapasitas arus nominal peralatan terkecil (110%–120%)[6].

Arus hubung singkat 2 fase maksimum pada bus lokal menentukan lama kerja penghantar OCR yang ditetapkan sebesar +/- 1 (satu) detik. Gangguan fasa-fasa dapat dideteksi dengan menggunakan relai ini yang mempunyai karakteristik tertentu (waktu kerja yang ditetapkan untuk setiap besaran gangguan) atau karakteristik invers (waktu kerja relai yang lebih cepat apabila arus gangguan yang dideteksinya lebih besar). Lebih lanjut, relai arus lebih mempunyai fungsi set tinggi sesaat (momen/seketika)[6].

Mengenai karakteristik invers, mengacu pada standar IEC atau ANSI/IEEE. Leaf ini digunakan sebagai pelindung cadangan karena tidak dapat menentukan titik gangguan secara akurat. Leaf ini juga dimaksudkan untuk melindungi leaf ketika pelindung primer tidak bekerja. Untuk memberikan koordinasi optimal terhadap arus lain yang lebih simetris (daripada arus yang lebih tidak menentu dalam penghantar), karakteristik yang paling sesuai untuk proteksi penghantar adalah kurva yang sama, yaitu invers standar (IEC) / invers normal (ANSI/IEEE). Fungsionalitas set tinggi tidak diaktifkan untuk selektivitas dengan proteksi primer[6].

#### **2.2.2.1 Prinsip Kerja OCR**

Relai arus lebih bekerja berdasarkan pengukuran arus, yaitu akan aktif jika mendeteksi arus yang melebihi nilai yang ditentukan. Pengaturan arus relai harus

tetap bekerja pada arus hubung singkat 2 fasa minimal, meskipun relai arus lebih diatur lebih besar dari kapasitas arus nominal peralatan terkecil (110–120% dari nominal). Waktu operasi relai arus lebih penghantar diatur +/- 1 (satu) detik pada arus hubung singkat 2 fasa maksimum bus lokal[3].

Relai ini digunakan untuk mendeteksi gangguan antarfase; dapat digunakan dengan karakteristik pasti (durasi kerja konstan terlepas dari besarnya gangguan) atau karakteristik terbalik (relai akan beroperasi lebih cepat jika arus gangguan yang dideteksinya lebih besar). Lebih jauh, relai arus lebih memiliki fungsi set tinggi sesaat (juga dikenal sebagai langsung atau seketika). Standar IEC disebut sebagai karakteristik terbalik standar (SI). Karena tidak dapat menentukan lokasi masalah yang tepat jika proteksi primer gagal, relai ini digunakan sebagai proteksi cadangan[3].

Agar dapat terkoordinasi secara penuh dengan relai arus lebih di sisi lain (bukan relai arus lebih yang terpasang pada penghantar), maka karakteristik proteksi penghantar yang dipilih adalah kurva yang sama, yaitu kurva standar invers (IEC). Untuk menjaga selektivitas dengan proteksi primer, maka fungsi high set tidak diaktifkan[3].

Sangat penting untuk mempertimbangkan pemanfaatan fitur proteksi kelebihan beban ketika berhadapan dengan skenario sirkuit ganda ketika beban operasional masing-masing sirkuit lebih dari 60%[3].

#### **2.2.2.2 Pemilihan dan Penyetingan OCR**

Relai arus lebih yang dipasang pada transformator adalah jenis tidak berarah (non directional). Karena tidak berarah maka relai ini bisa bekerja pada gangguan dalam dan luar. Relai jenis ini dipasang pada kedua sisi transformator sehingga perlu diperhatikan penyetingan arus dan waktu kerjanya[6].

Dalam melakukan penyetingan OCR pada transformator harus bisa mengakomodir antara kebutuhan operasional dan pengamanan transformator itu sendiri, maka seting arus kerja (pickup) harus lebih tinggi dari kemampuan transformator itu sendiri. Tapi dalam kondisi tertentu, seting arus kerja dapat lebih kecil daripada kemampuan transformator, Pemilihan dan penyetingan OCR harus mempertimbangkan faktor sebagai berikut[6]:

- a. Kondisi sistem (X/R dari sistem termasuk sumber (source) dan transformator serta fluktuasi tegangan)
- b. Ketahanan transformator terhadap gangguan hubung singkat luar (external)
- c. Ketahanan transformator terhadap beban lebih
- d. Proteksi utama transformator yang sudah tersedia

Dalam elemen OCR terdapat seting OCR highset yang berfungsi untuk mengatasi arus gangguan yang sangat besar (through fault current) sehingga dibutuhkan waktu kerja yang sangat cepat untuk mengisolasi / memutuskan gangguan tersebut[6].

### 2.2.2.3 Perhitungan Setting OCR

Berikut adalah rumusan perhitungan seting OCR dan GFR menggunakan Standar Inverse.

#### 1. Seting Arus OCR[6]

$$I_s = (110 \% - 120 \%) * I_n / CCC \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.2}$$

Dimana,

- $I_s$  : Seting Arus OCR (Ampere)
- $I_n$  : Arus Nominal CT (Ampere).
- CCC : Current Carrying Capacity atau Kemampuan hantar arus kawat penghantar (Ampere).

Dipilih nilai terkecil antara CCC atau  $I_n$ .

#### 2. Seting Waktu OCR[6]

$$T(SI) = \frac{0.14}{(I_{hsph} / I_s)^{0.02} - 1} * TMS \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.3}$$

Karena pengaturan pada relai adalah pengaturan TMS, maka perlu dipastikan durasi kerja yang diinginkan jika terjadi kegagalan fasa-fase pada bus. Biasanya, relai proteksi konduktor cadangan akan beroperasi selama satu detik selama masalah tersebut[6].

$$TMS = \frac{(I_{hsph} / I_s)^{0.02} - 1}{0.14} * T(SI) \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.4}$$

Dimana,

TMS : Time Multiple Seting.

I : Arus Hubung singkat Fasa-Fasa di lokal Bus (A).

I<sub>s</sub> : Seting Arus OCR (A).

T(SI) : Waktu kerja yang diinginkan pada Gangguan Hubung Singkat Fasa-Fasa di lokal bus.(s)

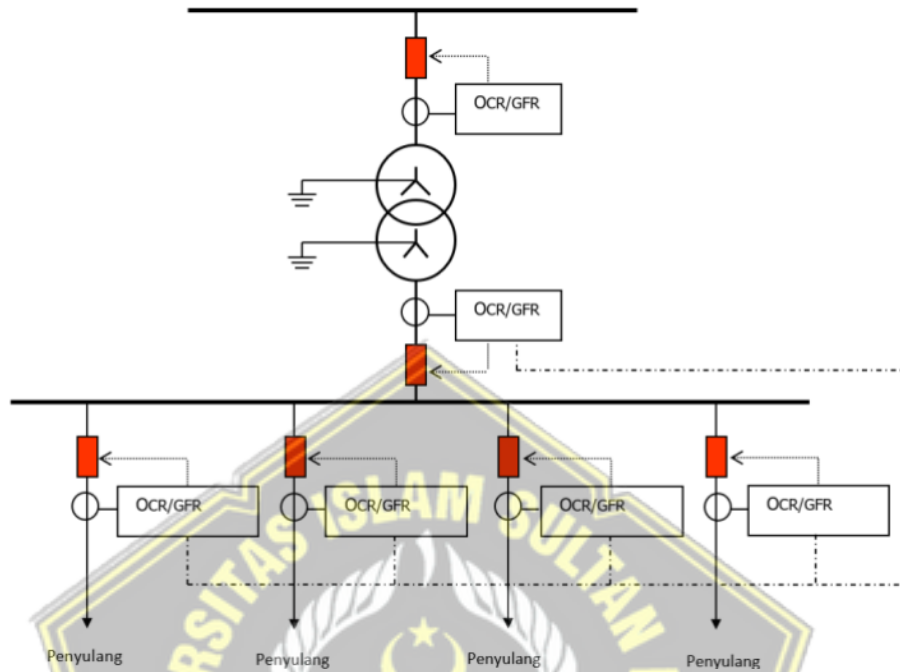
Seting waktu OCR pada transformator adalah 1 detik pada hubung singkat maksimum di busbar terhubung. Pemilihan karakteristik waktu OCR adalah menggunakan Standar Inverse / Normaly Inverse[6].

Pengaturan waktu relai OCR antara sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah tidak sinkron untuk trafo interbus dengan tegangan 500/150 kV. Pada OCR yang dipasang pada sisi masuk tegangan rendah, pengaturan waktu dikoordinasikan (grading) dengan waktu 1 detik untuk trafo interbus 150/70 kV dan trafo distribusi 150/20 kV dan 70/20 kV. Dengan karakteristik waktu inverse/normaly inverse konvensional, selisih waktu (delta t) antara OCR sisi tegangan tinggi dengan OCR sisi masuk adalah 0,3 sampai 0,5 detik[6].

#### 2.2.2.4 Desain rangkaian wiring Pola Koordinasi Non-Cascade

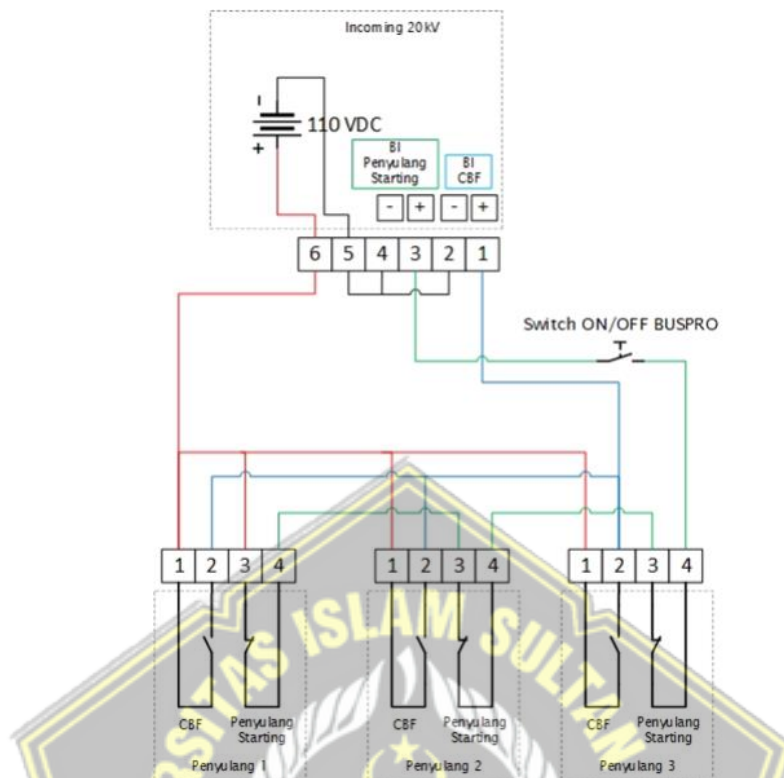
Skema koordinasi non-kaskade memanfaatkan kemampuan berbagi informasi dari relai kontemporer. Pola koordinasi non-kaskade di Teluk Trafo Masuk dan Trafo Pengumpan diterapkan berdasarkan dua ide utama. OCR Masuk akan merasakan gangguan di Busbar 20kV terlebih dahulu, tetapi tidak pada OCR Pengumpan; jika gangguan terjadi di Pengumpan, baik OCR Masuk maupun OCR Pengumpan akan merasakannya. Kejadian ini digunakan untuk memberi tahu OCR Masuk agar segera aktif jika Busbar 20kV terganggu. Ketika mendeteksi adanya gangguan, Feeder OCR dimaksudkan untuk mengirimkan sinyal blok. Akibatnya, jika terjadi gangguan pada busbar 20 kV, maka OCR yang masuk akan langsung trip karena akan merasakan adanya gangguan sedangkan feeder OCR tidak. Hal ini

dikarenakan OCR yang masuk tidak akan mendapatkan sinyal blok dari feeder OCR[3].



**Gambar 2. 2** Skematik Pola Koordinasi non-Cascade [3]

Kedua, OCR pengumpan akan memberi tahu OCR yang masuk untuk segera trip saat terjadi kegagalan trip PMT di pengumpan. Ini dikenal sebagai konsep perlindungan Kegagalan Circuit Breaker, dan itu terjadi saat OCR pengumpan gagal mengisolasi kesalahan[3].



**Gambar 2. 3** Rangkaian Pola Koordinasi non-Cascade[3]

Dua koneksi output dari pengumpan OCR digunakan dalam desain kabel sirkuit pola koordinasi non-kaskade untuk mengirimkan data ke input masuk OCR. Yang pertama adalah kontak yang biasanya tertutup (NC), yang memasuki input masuk OCR sebagai sinyal blok dari fungsi Istart setiap pengumpan secara berurutan. Fungsi Istart pengumpan OCR diaktifkan ketika ada gangguan pada pengumpan. Kemudian, fungsi ini membuka kontak, yang menyebabkan tegangan pada input masuk OCR turun dan input OCR menerima sinyal blok. dan sebaliknya. Kontak yang biasanya tertutup digunakan dalam desain sirkuit untuk memastikan bahwa jika terjadi kerusakan kabel, OCR yang masuk akan segera mendapatkan sinyal blok karena hilangnya daya kabel, dan tidak akan berfungsi terlalu cepat jika terjadi gangguan. Selain itu, sakelar yang dapat digunakan kapan saja untuk mematikan fungsi kabel ini disertakan dalam desain sirkuit ini[5].

Yang kedua adalah fungsi CBF OCR, yaitu kontak NO (Normally Open) yang memasukkan input OCR yang masuk untuk setiap feeder secara bersamaan. Fungsi feeder CBF OCR akan diaktifkan ketika trip feeder PMT gagal, mengubah kontak dari terbuka menjadi tertutup untuk menyediakan tegangan ke input OCR yang

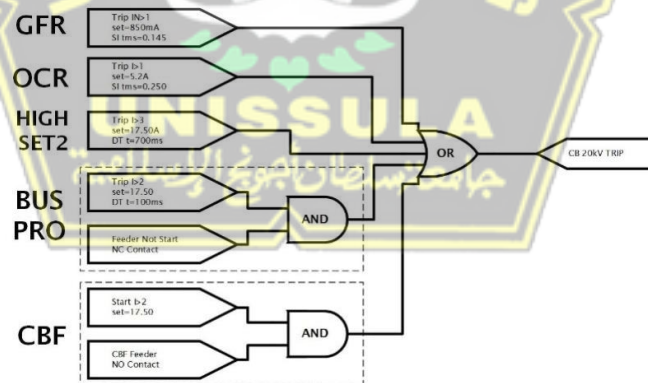


masuk. PMT yang masuk akan diperintahkan untuk trip secara instan oleh OCR yang masuk setelah menerima sinyal CBF[3].

### 2.2.2.5 Desain Setting OCR dan Logika Trip Pola Koordinasi Non-Cascade

Koordinasi berdasarkan arus dan waktu yang sebelumnya diterapkan masih digunakan untuk mengisolasi gangguan dengan nilai arus gangguan di bawah level Set yang tinggi. Pola non-Cascade tidak memiliki efek pada pengaturan GFR dan OCR yang saat ini berlaku. Invers standar digunakan dengan pengaturan arus gangguan 340 A dan pengaturan tms 0,145 pada pengaturan GFR ( $I_N > 1$ ) dan pengaturan arus gangguan 2080 A dan pengaturan tms 0,25 pada pengaturan OCR ( $I > 1$ )[5].

Pengaturan transformator untuk set tinggi atau momen OCR masuk adalah 7kA ( $4 \times I_N$  Transformer). Dua pengaturan set tinggi digunakan untuk pengaturan ini, masing-masing dengan waktu kerja yang berbeda dan nilai pengaturan yang identik. Pilihan terakhir, set tinggi 2 ( $I > 3$ ), adalah 7kA dengan periode operasi 700ms, sedangkan pengaturan set tinggi 1 ( $I > 2$ ) adalah 7kA dengan waktu operasi tetap 100ms[5].



**Gambar 2. 4** Logika trip Pola Koordinasi non-Cascade[3]

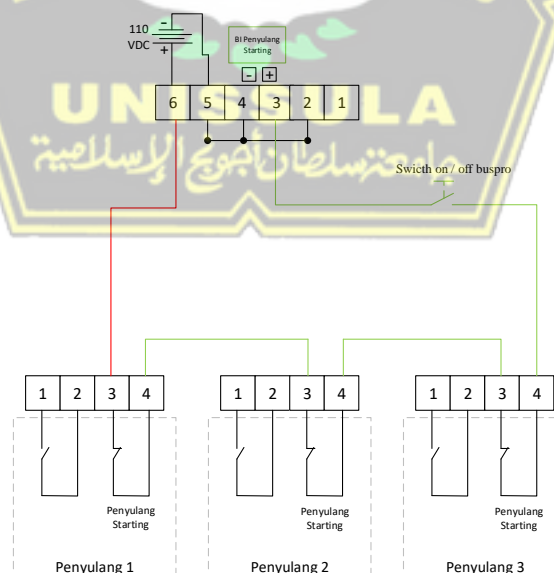
Logika tripping OCR yang masuk akan menggunakan logika tripping GFR untuk gangguan ground dan logika tripping OCR untuk gangguan antar fase ketika terjadi gangguan dengan arus gangguan di bawah pengaturan tinggi. OCR akan mengirimkan perintah trip ke PMT Incoming ketika waktu operasional habis[5].

Logika trip BUSPRO, yang menggabungkan sinyal feeder tidak menyala (kontak NC) dan fungsi trip set2 tinggi ( $I > 2$ ) di AND, akan aktif jika terjadi gangguan pada busbar 20 kV. Oleh karena itu, jika terjadi gangguan pada Busbar 20 kV, PMT yang masuk dapat trip dengan cepat karena fungsi  $I > 2$  akan aktif dan memiliki nilai 1. Sinyal feeder tidak menyala juga akan memiliki nilai 1 karena OCR feeder belum mengeluarkan instruksi blok. OCR yang masuk akan memblokir logika trip ini dan mendapatkan sinyal blok dari feeder jika gangguan ada di feeder (kontak dekat akan menjadi terbuka dan logika akan memiliki nilai 0) [5].

Sinyal CBF feeder di-AND dengan pengaturan awal set 2 yang tinggi (Start  $I > 2$ ) dalam logika trip CBF. Dengan demikian, OCR yang masuk akan langsung trip PMT jika mendeteksi gangguan pada nilai pengaturan set 2 yang tinggi dan feeder memberikan sinyal CBF[5].

Jika pola non-cascade tidak aktif (posisi sakelar mati) dan terjadi kerusakan kabel, logika trip high set 2 berfungsi sebagai skema cadangan untuk logika trip. OCR yang masuk akan mengeluarkan perintah trip dengan durasi operasi 700 ms jika terjadi gangguan pada busbar 20 kV saat pola non-cascade tidak aktif[5].

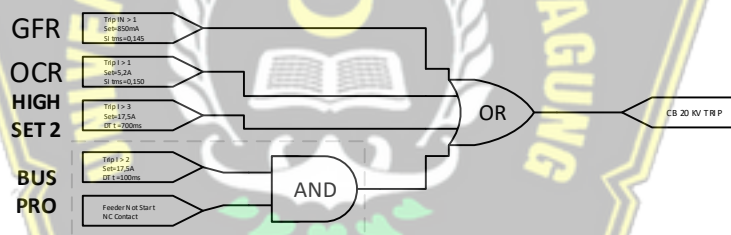
### 2.2.2.6 Desain rangkaian wiring Pola Koordinasi Cascade



**Gambar 2. 5** Rangkaian Pola Koordinasi non-Cascade[3]

Koneksi output dari pengumpan OCR digunakan dalam desain kabel sirkuit pola koordinasi non-kaskade untuk mengirimkan data ke input masuk OCR. Yang pertama adalah kontak yang biasanya tertutup (NC), yang memasuki input masuk OCR sebagai sinyal blok dari fungsi Istart setiap pengumpan secara berurutan. Fungsi Istart pengumpan OCR diaktifkan ketika ada gangguan pada pengumpan. Kemudian, fungsi ini membuka kontak, yang menyebabkan tegangan pada input masuk OCR turun dan input OCR menerima sinyal blok. dan sebaliknya. Kontak yang biasanya tertutup digunakan dalam desain sirkuit untuk memastikan bahwa jika terjadi kerusakan kabel, OCR yang masuk akan segera mendapatkan sinyal blok karena hilangnya daya kabel, dan tidak akan berfungsi terlalu cepat jika terjadi gangguan. Selain itu, sakelar yang dapat digunakan kapan saja untuk mematikan fungsi kabel ini disertakan dalam desain sirkuit ini[5].

### 2.2.2.7 Desain Setting OCR dan Logika Trip Pola Koordinasi Non-Cascade



Gambar 2. 6 Logika trip Pola Koordinasi non-Cascade[3]

Logika tripping OCR yang masuk akan menggunakan logika tripping GFR untuk gangguan ground dan logika tripping OCR untuk gangguan antar fase ketika terjadi gangguan dengan arus gangguan di bawah pengaturan tinggi. OCR akan mengirimkan perintah trip ke PMT Incoming ketika waktu operasional habis[5].

Logika trip BUSPRO, yang menggabungkan sinyal feeder tidak menyala (kontak NC) dan fungsi trip set2 tinggi ( $I > 2$ ) di AND, akan aktif jika terjadi gangguan pada busbar 20 kV. Oleh karena itu, jika terjadi gangguan pada Busbar 20 kV, PMT yang masuk dapat trip dengan cepat karena fungsi  $I > 2$  akan aktif dan memiliki nilai 1. Sinyal feeder tidak menyala juga akan memiliki nilai 1 karena OCR feeder belum mengeluarkan instruksi blok. OCR yang masuk akan memblokir

logika trip ini dan mendapatkan sinyal blok dari feeder jika gangguan ada di feeder (kontak dekat akan menjadi terbuka dan logika akan memiliki nilai 0) [5].

#### **2.2.2.8 Perbedaan Pola Koordinasi Cascade dan Non-Cascade**

Pada dasarnya pola koordinasi rele OCR sistem Cascade dan Non-Cascade cenderung mirip, hanya saja ada satu pembeda yaitu pada pola koordinasi rele OCR sistem Cascade cenderung tidak mengaktifkan fungsi CBF (Circuit Breaker Failure), karena pola koordinasi rele OCR sistem Cascade mengandalkan setting delay waktu yang lebih lama dibandingkan pola koordinasi rele OCR sistem Non-Cascade.

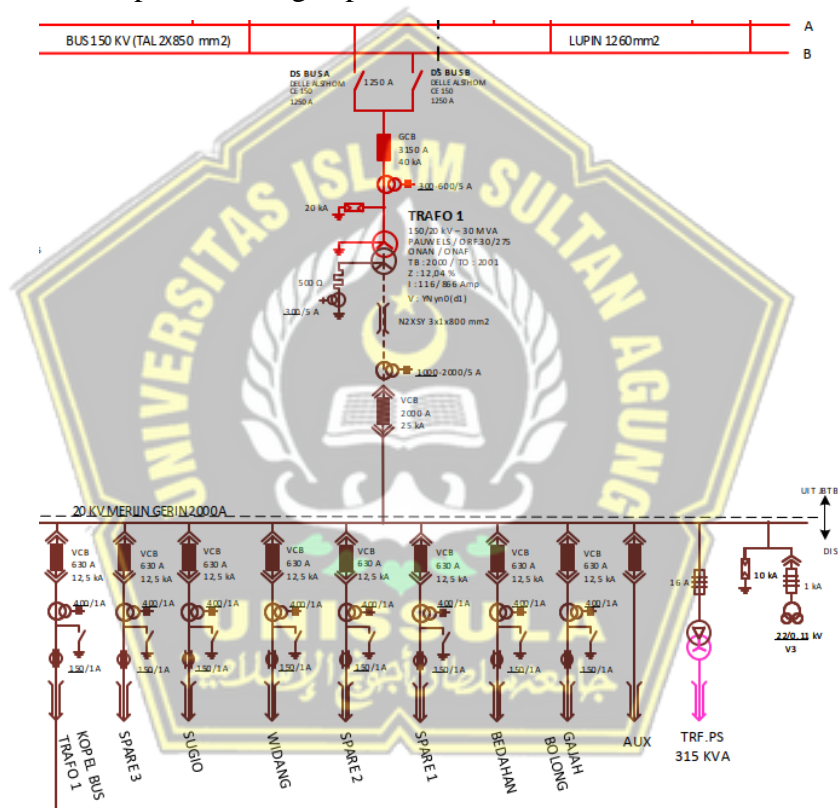


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Model Penelitian

Untuk model penelitian ini merupakan objek transformator tenaga pada sisi 20 kV di Gardu Induk 150 kV Babat yang menjadi tempat pengujian sistem proteksi dengan pola cascade dan Gardu Induk 150 kV Tanggul yang menjadi tempat pengujian sistem proteksi dengan pola non cascade.



**Gambar 3. 1** Gambar SLD Sisi 20 kV

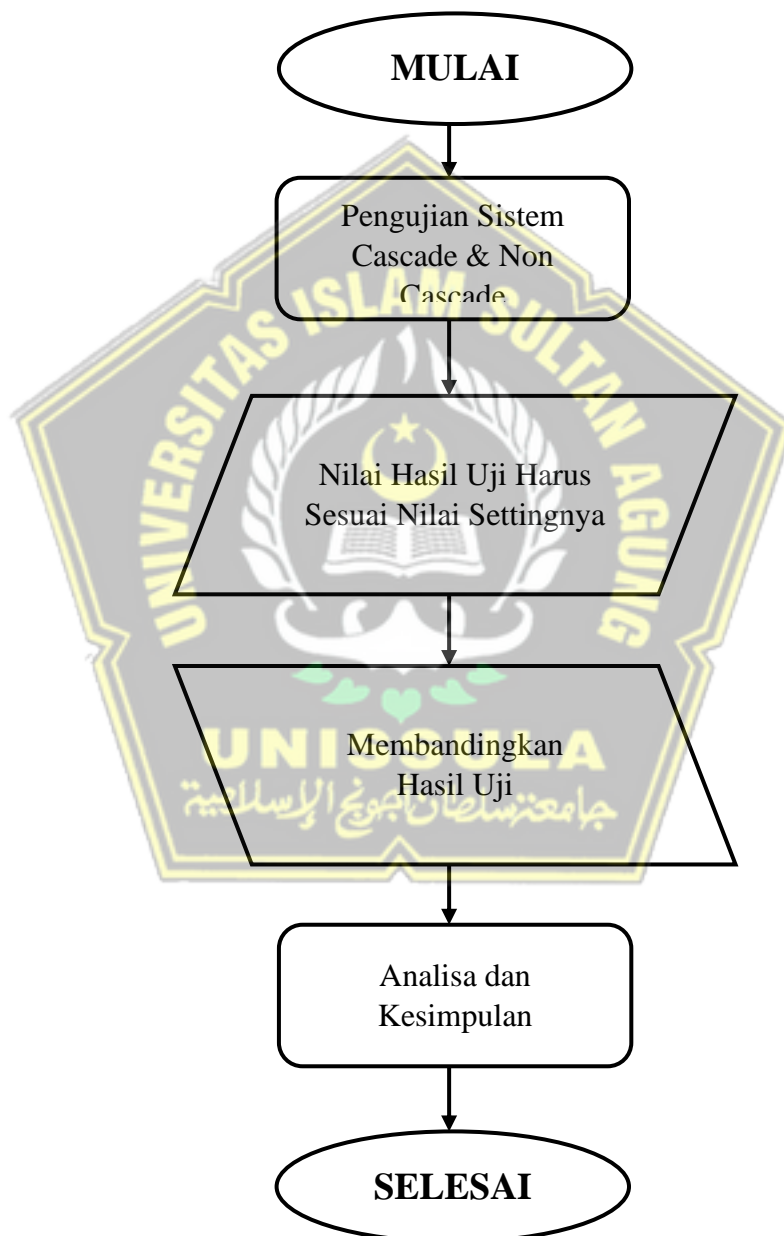
#### 3.2 Objek Penelitian

Objek yang digunakan pada penelitian yaitu :

- a. Trafo Tenaga 150/20 kV berlokasi di Gardu Induk Babat yang beralamat di Jl. Raya Babat - Bojonegoro No.21, Karan, Gunungsari, Kec. Baureno, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur 62192

- b. Trafo Tenaga 150/20 kV berlokasi di Gardu Induk Tanggul yang beralamat di Jl. Raya Semboro, Semboro Ps., Semboro, Kec. Semboro, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68155.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Data Penelitian

Dari percobaan yang dilakukan dapat diambil data penelitian sebagai berikut :

- a. Data pengujian OCR pola cascade pada incoming traformator 150/20 kV di Gardu Induk 150kV Babat, data pengujian dilakukan pada tahun 2020 di Gardu Induk 150kV Babat.
- b. Data pengujian OCR Pola non Cascade pada incoming transformator 150/20 kV di Gardu Induk 150kV Tanggul, data pengujian dilakukan pada tahun 2022 di Gardu Induk 150kV Tanggul.

### 3.5 Langkah Penelitian

#### 3.5.1 Observasi Lapangan

Pada penelitian awal yaitu masuk pada proses mewawancarai dan mencari informasi terkait topik yang saya angkat yaitu pola koordinasi yang terdapat pada penyulang dengan incoming yang di dalamnya membahas tentang perbandingan 2 pola koordinasi yaitu pola cascade dan pola non cascade yang digunakan di Gardu Induk Babat dan Gardu Induk Tanggul.

#### 3.5.2 Data

Berikut beberapa data yang diambil dari Gardu Induk Babat dan Gardu Induk Tanggul yaitu :

- a. Nameplate Peralatan

Tabel 3. 1 Nameplate Trafo GI Tanggul

TYPE	OIL FILLED WITH CONSERVATOR
SERIAL NUMBER	M – 403
YEAR OF MANUFACTURE	2016
STANDARD	IEC 60076
FREQUENCY	50 Hz
TYPE OF COOLING	ONAN \ ONAF
VECTOR GROUP	YNyn0 + d
TYPE OF OIL	UNINHIBITED NYNAS LIBRA
AVERAGE TOP OIL	50 K

AVERAGE WINDING	55 K
CORE & WINDING	59700 kg
TANK & FITTING	19000 kg
OIL	20700 kg
TOTAL	105000 kg
AV AMBIENT TEMP	30 °C
SEISMIC	0,25 g
HV TERMINALS	40 Ka
LV TERMINALS	25 Ka
TYPE OLTC	W III 400Y-76Kv 10193W + ED100

Tabel 3. 2 Nameplate Incoming GI Tanggul

MERK	GE
TYPE	MICOM P14D
SERIAL NUMBER	-
CT	2000 / 5

Tabel 3. 3 Nameplate Penyulang Mlokorejo GI Tanggul

MERK	SCHNEIDER
TYPE	P127
SERIAL NUMBER	39609495 / 04 / 17
CT	800 / 5



Tabel 3. 4 Nameplate Trafo GI Babat

TYPE	OIL FILLED WITH CONSERVATOR
SERIAL NUMBER	M – 354
YEAR OF MANUFACTURE	2016
STANDARD	IEC 60076
FREQUENCY	50 Hz
TYPE OF COOLING	ONAN \ ONAF
VECTOR GROUP	YNyn0 + d
TYPE OF OIL	UNINHIBITED NYNAS LIBRA
AVERAGE TOP OIL	50 K
AVERAGE WINDING	55 K
CORE & WINDING	59700 kg
TANK & FITTING	19000 kg
OIL	20700 kg
TOTAL	105000 kg
AV AMBIENT TEMP	30 °C
SEISMIC	0,25 g
HV TERMINALS	40 Ka
LV TERMINALS	25 Ka
TYPE OLTC	W III 400Y-76Kv 10193W + ED100

Tabel 3. 5 Nameplate Incoming GI Babat

MERK	ALSTOM
TYPE	WBS
SERIAL NUMBER	0303 6DU11001 - 2201
CT	2000 / 5

- b. Data pengujian OCR pola cascade pada incoming traformator 150/20 kV di Gardu Induk 150kV Babat.

- c. Data pengujian OCR Pola non Cascade pada incoming transformator 150/20 kV di Gardu Induk 150kV Tanggul.

### **3.6 Proses Pengambilan Data**

#### **3.6.1 Alat dan Bahan**

Untuk proses pengambilan data rele menggunakan beberapa bahan :

- a. Laptop yang sudah terinstal apk merk rele
- b. Alat uji OMICRON CMC 356
- c. Test Plug
- d. Stop Kontak
- e. Kabel USB To LAN

#### **3.6.2 Proses Pengujian**

- a. Colokan stop kontak ke power
- b. Menyusun alat uji beserta kabel yang ada, dengan kabel merah untuk phase R, kuning phase S, biru phase T, hitam untuk netral
- c. Menyusun kabel yang tersambung dari alat uji ke test plug
- d. Masukkan test plug ke test block yang tersedia
- e. Sambungkan laptop dengan alat uji menggunakan kabel USB to LAN.
- f. Buka apk Micom P141 Agile
- g. Klik new file kemudian diberi nama gardu induk beserta bay yang diuji
- h. Menyesuaikan setting / mendownload setting yang telah tersedia.
- i. Melakukan pengujian dengan memberikan arus gangguan sesuai setting.
- j. Jika sudah selesai download hasil pengujian dan simpan sebagai PDF

### **3.7 Pelaksanaan Pengujian**

Waktu dan tempat pelaksanaan penelitian adalah :

Waktu : 1 Maret – 1 Mei 2024

Tempat :

- Gardu Induk Babat yang beralamat di Jl. Raya Babat - Bojonegoro No.21, Karan, Gunungsari, Kec. Baureno, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur 62192
- Gardu Induk Tanggul yang beralamat di Jl. Raya Semboro, Semboro Ps., Semboro, Kec. Semboro, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68155. Gardu Induk Tanggul yang beralamat di Jl. Raya Semboro, Semboro Ps., Semboro, Kec. Semboro, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68155.



## BAB IV

### HASIL DAN ANALISIS

#### 4.1 Hasil Penelitian

Dari observasi yang telah dilakukan pada saat dilapangan atau dilingkungan Gardu Induk 150kV Babat dan Gardu Induk 150kV Tanggul diperoleh beberapa data mengenai pengujian Koordinasi rele OCR Incoming dan penyulang dengan pola cascade dan non cascade. Data yang diperoleh kemudian di analisis terkait keandalan dan besar waktu yang diperlukan untuk mengamankan sebuah gangguan yang terjadi di sisi 20 kV. Pada bab ini memaparkan sebuah data pengujian rele OCR sekunder.

#### 4.2 Data Pengujian OCR Pola Koordinasi Cascade

Berikut adalah tabel data pemeliharaan 2 tahunan pengujian rele OCR pada incoming 20 kV yang telah dilakukan, data tersebut di peroleh di PT. PLN ( Persero ) Gardu Induk 150 kV Babat yang ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Data Setting

Level OCR	OCR				
	Setting			I prim.	I sek.
Level 1	I >	5,000	A (sekunder)	2.000	5.00
	tms (t>)	0,200		Karakteristik	C SI
Level 2	I >>	12,75	A (sekunder)	5.100	12,75
	Time Delay (s)	0,70	detik	Karakteristik	DT
Level 3	I >>>	17,50	A (sekunder)	7.000	17,50
	Time Delay (s)	0,40	detik	Karakteristik	DT

Dari tabel diatas terdapat 3 level setting OCR yaitu level 1, level 2, dan level 3. Level 1 setting I primer lebih besar dari 2000 A dengan rasio CT Incoming 2000 / 5 berarti I sekunder nya bernilai lebih besar dari 5 A, dan setting tms 0,200 s dengan karakteristik Standart Invers. Level 2 setting I primer lebih besar dari 5100 A dengan rasio CT Incoming 2000 / 5 berarti I sekunder nya bernilai lebih besar dari 12,75 A, dan setting time delay 0,700 s dengan karasteristik definite. Level 3 setting I primer lebih besar dari 7000 A dengan rasio CT Incoming 2000 / 5 berarti I

sekunder nya bernilai lebih besar dari 17,50 A, dan setting time delay 0,400 s dengan karakteristik definite.

Tabel 4. 2 Pengujian Arus Kerja

Fasa	Arus Kerja		
	Pick Up	Drop Off	Ratio
R	5	4,75	0,95
S	5	4,75	0,95
T	5,01	4,76	0,9500998
N			

Dari tabel diatas dapat kita lihat arus kerja pada rele adalah 5 A, jadi rele mulai kerja menghitung waktu yang ditentukan di arus 5 A ( I sekunder ), tetapi jika perhitungan waktu belum memenuhi arus sudah turun pada nilai 4,75 A, maka rele tidak jadi kerja.

Tabel 4. 3 Pengujian OCR

x I >	I (Amp)		t (detik)	Hasil Uji (detik)					
	Primer	Sekund.	Hitung	R		S		T	
				Hasil Uji (detik)	Error (%)	Hasil Uji (detik)	Error (%)	Hasil Uji (detik)	Error (%)
1,0	2,000	5,000							
1,5	3,000	7,000	3,439	3,451	0,34%	3,450	0,31%	3,453	0,4%
2,0	4,000	10,000	2,006	2,028	0,0%	2,026	0,0%	2,022	0,0%
2,5	5,000	12,500	1,514	1,535	0,0%	1,536	0,0%	1,528	0,0%
3,0	6,000	15,000	0,700	0,746	0,0%	0,752	7,4%	0,751	7,3%
3,5	7,000	17,500	0,700	0,451	35,6%	0,449	35,9%	0,452	35,4%
4,0	8,000	20,000	0,400	0,446	0,0%	0,447	0,0%	0,449	0,0%
4,5	9,000	22,500	0,400	0,445	0,0%	0,439	0,0%	0,441	0,0%

Pada tabel diatas adalah beberapa simulasi gangguan yang diujikan ketika pemeliharaan 2 tahunan trafo. Data tersebut dilakukan pengujian level 1, level 2, dan level 3. Pada level 1 kita ambil contoh data simulasi gangguan 1,5 x I setting yaitu 3000 A pada I primer atau 7 A pada I sekunder, pada data tersebut sudah

ditentukan rele harus kerja di waktu perhitungan 3,439 yang ditentukan oleh Persamaan 2.3

Dari persamaan 2.3 terdapat data T ( SI ) adalah waktu hitung yang dicari dengan  $I_{hsp}$  adalah arus gangguan ( 3000 A ),  $I_s$  adalah arus setting ( 2000 A ), dan TMS adalah *Time Multiplier Setting* ( 0,200 ).

$$T = \frac{0.14}{\left(\frac{I_{hsp}}{I_s}\right)^{0.02} - 1} \times tms$$

$$T = \frac{0.14}{\left(\frac{3000}{2000}\right)^{0.02} - 1} \times 0.200$$

$$T = 3,4388 \text{ s} \Rightarrow \text{dibulatkan menjadi } 3,439 \text{ s}$$

Jadi pada arus gangguan primer 3000 A maka waktu yang dibutuhkan untuk rele bekerja adalah 3,439 s. Sedangkan nilai yang pada hasil uji yang terbesar adalah 3,453 s.

$$\text{Error (\%)} = \frac{3.453 - 3.439}{3.439} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{0.014}{3.439} \times 100\%$$

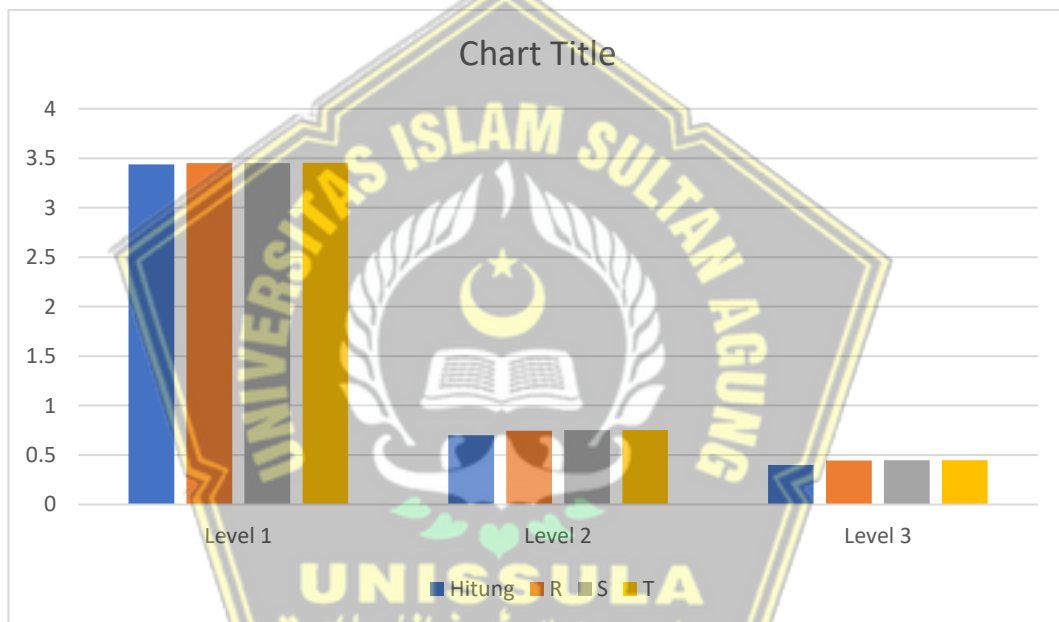
$$\text{Error (\%)} = 0.407\%$$

Error yang ditimbulkan ialah 0,407% dimana hal ini masih di toleransi menurut kepdird 502 dimana error waktu kerja rele yang di toleransi ialah  $\pm 5 \%$ .

Pada level 2 setting I primer lebih besar dari 5100 A, kita ambil contoh data simulasi gangguan 3 x I setting yaitu 6000 A pada I primer atau 15 A pada I sekunder. Untuk karakteristik definite sendiri tergantung setting arus kerja dan waktu kerjanya, dimana ketika arus gangguan memenuhi arus setting maka rele akan bekerja sesuai waktu yang ditentukan.

Dapat kita lihat pada tabel arus gangguan sebesar 6000 A ( I primer ), dengan setting waktu delay 0,700 s di dapatkan hasil uji sebesar 0,746 s ( phase R ), 0,752 s ( phase S ), 0,751 s ( phase T ).

Pada level 3 setting I primer lebih besar dari 7000 A, kita ambil contoh data simulasi gangguan 4 x I setting yaitu 8000 A pada I primer atau 20 A pada I sekunder. Dapat kita lihat pada tabel arus gangguan sebesar 8000 A ( I primer ), dengan setting waktu delay 0,400 s di dapatkan hasil uji sebesar 0,446 s ( phase R ), 0,447 s ( phase S ), 0,449 s ( phase T ).



Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Hitung dan Hasil Uji GI Babat

### 4.3 Data Pengujian OCR Pola Koordinasi Non Cascade

Berikut adalah tabel data pengujian rele OCR pada incoming 20 kV yang telah dilakukan, data tersebut di peroleh di peroleh di PT. PLN ( Persero ) Gardu Induk 150 kV Tanggul yang ditunjukkan pada Tabel

Tabel 4. 4 Setting Incoming

Level OCR	OCR			
		Setting	I prim.	I sek.
Level 1	I >	5,20	A (sekunder)	2.080
	tms (t>)	0,23		Karakteristik C SI

Level 2	I >> CAS	17,5	A (sekunder)	7.000	17,5
	Time Delay (s)	0,40	detik	Karakteristik	DT
Level 3	I >> NON	17,5	A (sekunder)	7.000	17,5
	Time Delay (s)	0,15	detik	Karakteristik	DT

Dari tabel diatas terdapat 3 level setting OCR yaitu level 1, level 2, dan level 3. Level 1 setting I primer lebih besar dari 2080 A dengan rasio CT Incoming 2000 / 5 berarti I sekunder nya bernilai lebih besar dari 5,2 A, dan setting tms 0,230 s dengan karakteristik Standart Invers. Level 2 setting pola cascade dengan I primer lebih besar dari 7000 A dengan rasio CT Incoming 2000 / 5 berarti I sekunder nya bernilai lebih besar dari 12,75 A, dan setting time delay 0,400 s dengan karasteristik definite. Level 3 setting pola non cascade I primer lebih besar dari 7000 A dengan rasio CT Incoming 2000 / 5 berarti I sekunder nya bernilai lebih besar dari 17,50 A, dan setting time delay 0,150 s dengan karasteristik definite.

Tabel 4. 5 Setting Penyulang

Level OCR	OCR				
	Setting		I prim.	I sek.	
Level 1	I >	2,5	A (sekunder)	400	2,5
	tms (t>)	0,15		Karakteristik	C SI
Level 2	I >>	37,5	A (sekunder)	6.000	37,5
	Time Delay (s)	0,0	detik	Karakteristik	DT

Dari tabel diatas terdapat 2 level setting OCR yaitu level 1 dan level 2. Level 1 setting I primer lebih besar dari 400 A dengan rasio CT Incoming 800 / 5 berarti I sekunder nya bernilai lebih besar dari 2,5 A, dan setting tms 0,150 s dengan karakteristik Standart Invers. Level 2 setting pola cascade dengan I primer lebih besar dari 6000 A dengan rasio CT Incoming 800 / 5 berarti I sekunder nya bernilai lebih besar dari 37,75 A, dan setting time delay 0,00 s dengan karasteristik definite.

Tabel 4. 6 Pengujian OCR Buswire OKE

NO	GANGGUAN	ARUS INJEKSI (PRIMER)		KONDISI / WAKTU ACUAN		KONDISI / WAKTU AKTUAL	
		Inc.	Peny.	Inc.	Peny.	Inc.	Peny.
1	Gangguan Penyulang Kondisi Ideal	600 A	600 A	Not Pickup	2.608s	No Trip	2,618



2	Gangguan Penyulang Kondisi Ideal	2400 A	2400 A	Pickup	0.57 s	No Trip	0,600
3	Gangguan Penyulang Kondisi Ideal	6000 A	6000 A	Pickup	Instant	No Trip	0,047
4	Gangguan Busbar Kondisi Ideal	7200 A	300 A	0.15 s	Not Pickup	0,190	No Trip
5	Gangguan Busbar Kondisi Ideal	11000 A	300 A	0.15 s	Not Pickup	0,123	No Trip
6	Simulasi Ggn Penyulang Gagal Trip (CBF)	2400 A	2400 A	11,23 s	Not Trip	11,079	Fail Trip
7	Simulasi Ggn Penyulang Gagal Trip (CBF)	3600 A	3600 A	2,918 s	Not Trip	2,925	Fail Trip
8	Simulasi Ggn Penyulang Gagal Trip (CBF)	7200 A	7200 A	3.324 s	Not Trip	0,332	Fail Trip

Pada tabel diatas adalah beberapa simulasi gangguan yang diujikan pada saat bus wire OKE ( Non Cascade ). Data tersebut dilakukan pengujian penyulang level 1 dan level 2 serta pengujian incoming . Pada pengujian penyulang level 1 kita ambil contoh data simulasi gangguan 2400 A pada I primer atau 15 A pada I sekunder, pada data tersebut sudah ditentukan rele harus kerja di waktu perhitungan 0,57 s yang ditentukan oleh ru persamaan 2.3

Dari persamaan 2.3 terdapat data T ( SI ) adalah waktu hitung yang dicari dengan Ihps adalah arus gangguan ( 2400 A ), Is adalah arus setting ( 400 A ), dan TMS adalah *Time Multiplier Setting* ( 0,150 ).

$$T = \frac{0.14}{\left(\frac{Ihsp}{Is}\right)^{0.02} - 1} \times tms$$

$$T = \frac{0.14}{\left(\frac{2400}{800}\right)^{0.02} - 1} \times 150$$

$$T = 0,57 \text{ s}$$

Jadi pada arus gangguan primer 2400 A maka waktu yang dibutuhkan untuk rele bekerja adalah 0,57 s. Sedangkan nilai yang pada hasil uji yang terbesar adalah 0,60 s.

Pada pengujian penyulang level 2 setting I primer lebih besar dari 6000 A, kita ambil contoh data simulasi gangguan 6000 A pada I primer atau 37,5 A pada I sekunder. Untuk karakteristik definite sendiri tergantung setting arus kerja dan waktu kerjanya, dimana ketika arus gangguan memenuhi arus setting maka rele akan bekerja sesuai waktu yang ditentukan.

Dapat kita lihat pada tabel arus gangguan sebesar 6000 A ( I primer ), dengan setting waktu delay 0,0 s ( Instan ) di dapatkan hasil uji sebesar 0,047 s.

Pada pengujian Incoming Busbar setting I primer lebih besar dari 7000 A, kita ambil contoh data simulasi gangguan dengan arus sebesar 11000 A pada I primer atau 27,5 A pada I sekunder. Dapat kita lihat pada tabel arus gangguan sebesar 11000 A ( I primer ), dengan setting waktu delay 0,150 s di dapatkan hasil uji sebesar 0,123 s.

Pada pengujian penyulang gagal trip dikarenakan arus gangguan dibawah 7000 A maka untuk rele bekerja dengan karakteristik Sistem Invers Incoming, kita ambil contoh data simulasi gangguan penyulang gagal trip dengan arus sebesar 3600 A pada I primer atau 9 A pada I sekunder, pada data tersebut sudah ditentukan rele harus kerja di waktu perhitungan 2,918 s yang ditentukan oleh persamaan 2.3

Dari persamaan 2.3 terdapat data T ( SI ) adalah waktu hitung yang dicari dengan  $I_{hsp}$  adalah arus gangguan ( 3600 A ),  $I_s$  adalah arus setting ( 2080 A ), dan TMS adalah *Time Multiplier Setting* ( 0,230 ).

$$T = \frac{0.14}{\left(\frac{I_{hsp}}{I_s}\right)^{0.02} - 1} \times tms$$

$$T = \frac{0.14}{\left(\frac{3600}{2080}\right)^{0.02} - 1} \times 230$$

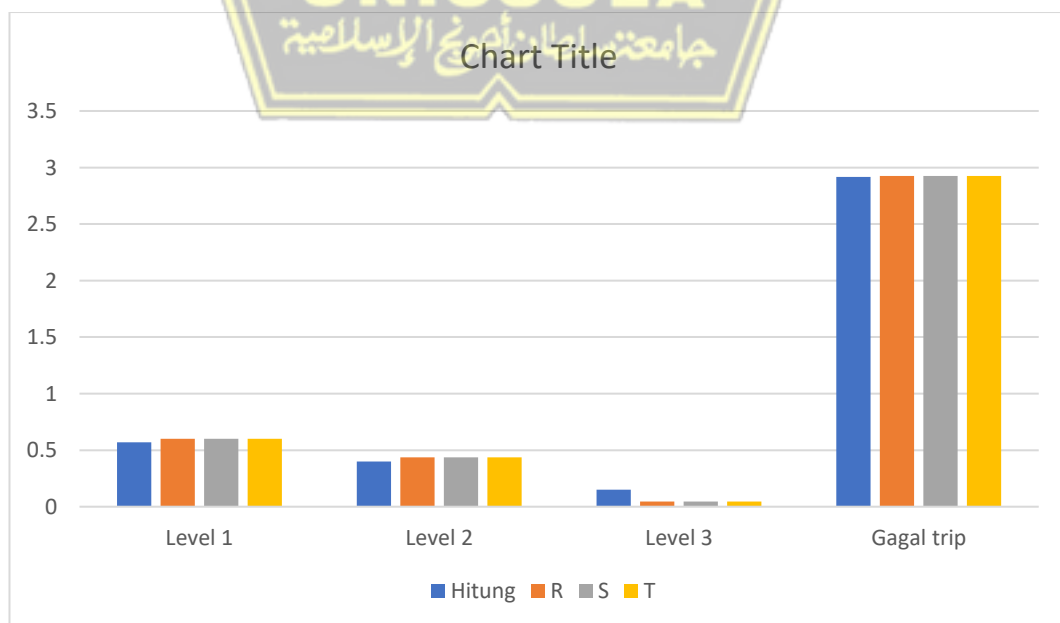
$$T = 2,918 \text{ s}$$

Jadi pada arus gangguan primer 3600 A maka waktu yang dibutuhkan untuk rele bekerja adalah 2,918 s. Sedangkan nilai yang pada hasil uji yang terbesar adalah 2,925 s.

Tabel 4. 7 Pengujian OCR Buswire Terputus

NO	GANGGUAN	ARUS INJEKSI (PRIMER)		KONDISI / WAKTU ACUAN		KONDISI / WAKTU AKTUAL	
		Inc.	Peny.	Inc.	Peny.	Inc.	Peny.
1	Gangguan Busbar	7200 A	300 A	0.55 s	Not Pickup	0,450	No Trip
2	Gangguan Busbar	11000 A	300 A	0.40 s	Not Pickup	0,437	No Trip

Pada Pengujian Gangguan Busbar Buswire Terputus merupakan sistem koordinasi pola cascade dengan karakteristik definite serta setting waktu delay lebih lama yaitu 0,400 s. Dapat kita lihat contoh pengujian arus gangguan sebesar 11000 A pada I primer atau 27,5 A pada I sekunder. Dapat kita lihat pada tabel arus gangguan sebesar 11000 A ( I primer ), dengan setting waktu delay 0,400 s di dapatkan hasil uji sebesar 0,437 s.



**Gambar 4.2** Grafik Perbandingan Hitung dan Hasil Uji GI Tanggul



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan perhitungan, pengujian, dan analisis serta tahap wawancara yang sudah dilakukan di Gardu Induk 150kV Babat dan Gardu Induk 150 kV Tanggul dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai pola koordinasi rele OCR sistem cascade dan pola koordinasi rele OCR sistem non cascade sebagai berikut :

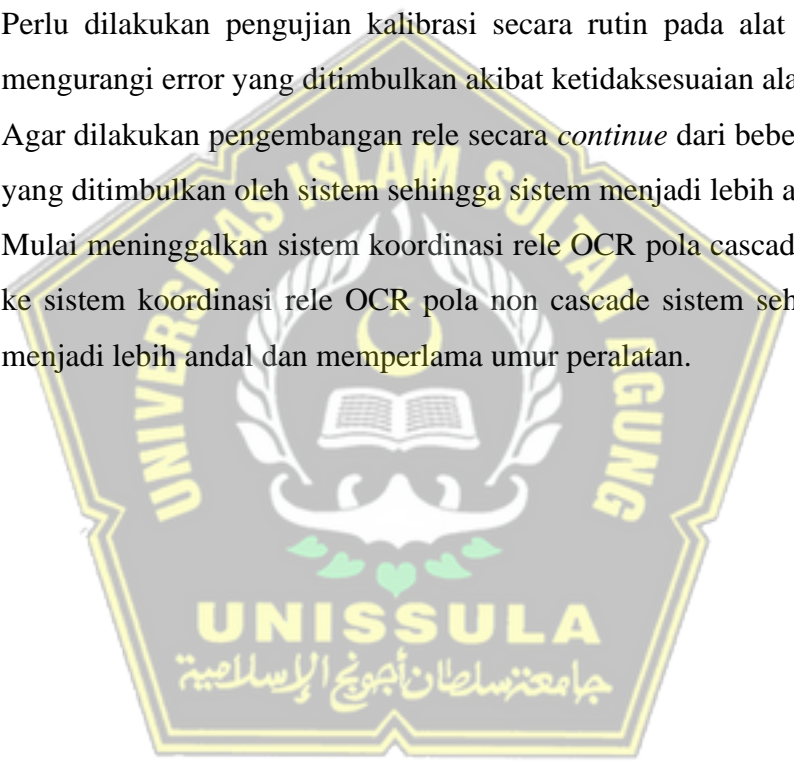
1. Hasil uji suatu rele tidak selalu tepat seperti dalam teori atau perhitungan dikarenakan :
  - a. Ada jeda waktu antara arus masuk untuk mentrigger rele ada bekerja.
  - b. Alat uji yang kalibrasinya tidak terlalu bagus
2. Lama waktu delay yang dibutuhkan untuk mengerjakan rele guna mengisolasi arus gangguan tergantung karakteristik setting yang dipakai, pada pengujian kali ini menggunakan 2 karakteristik yaitu :
  - a. Karakteristik Sistem Invers dimana lama waktu delay tergantung besar arus gangguan.
  - b. Karakteristik Definite dimana rele akan bekerja ketika arus setting terpenuhi yang lama waktu delay sudah ditentukan diawal.
3. Pada rele OCR sistem koordinasi pola cascade memiliki waktu delay yang cenderung lebih lama daripada sistem koordinasi pola non cascade, hal ini dapat dibuktikan pada Tabel Pengujian OCR dengan setting waktu delay sebesar 0,700 s dan tabel Pengujian OCR Buswire Terputus dengan setting waktu delay sebesar 0,400 s.
4. Pada rele OCR sistem koordinasi pola non cascade memiliki waktu delay yang cenderung lebih cepat daripada sistem koordinasi pola cascade, hal ini dapat dibuktikan pada Tabel Pengujian OCR Buswire OKE dengan setting waktu delay sebesar 0,150 s.

5. Untuk mengisolasi arus gangguan sistem koordinasi rele OCR pola non cascade lebih efektif dikarenakan waktu delay yang cenderung lebih cepat daripada sistem koordinasi rele OCR pola cascade.

## 5.2 Saran

Setelah melakukan observasi dan pengujian sistem koordinasi rele OCR pola cascade dan pengujian sistem koordinasi rele OCR pola non cascade terdapat beberapa saran penulis sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pengujian kalibrasi secara rutin pada alat uji sehingga mengurangi error yang ditimbulkan akibat ketidaksesuaian alat uji.
2. Agar dilakukan pengembangan rele secara *continue* dari beberapa masalah yang ditimbulkan oleh sistem sehingga sistem menjadi lebih andal.
3. Mulai meninggalkan sistem koordinasi rele OCR pola cascade dan beralih ke sistem koordinasi rele OCR pola non cascade sistem sehingga sistem menjadi lebih andal dan memperlama umur peralatan.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Supriyadi dan Bangkit Mulyo Kuncoro and J. I. Moh Kahfi Jagakarsa Jakarta Selatan, "RANCANG BANGUN SIMULATOR RELE OCR SISTEM CASCADE DAN NON CASCADE."
- [2] I. D. G. Agung, B. Udiana, I. G. Dyana Arjana, T. Gede, and I. Partha, "Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel," *Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 02, 2017.
- [3] M. L. Romadhoni, "Penerapan Pola Koordinasi Proteksi Non-Cascade pada OCR Incoming dan OCR Penyulang Trafo," *ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 14, no. 1, pp. 119–128, Jun. 2022, doi: 10.33322/energi.v14i1.1656.
- [4] J. Trunojoyo Blok M-, K. Baru, J. Selatan, and L. K. Direksi, "POLA PROTEKSI SALURAN TRANSMISI PT PLN (Persero)."
- [5] "16.Buku Pedoman Proteksi dan Kontrol Transformator".
- [6] "Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali," 2013.

