

**ANALISA PENENTUAN SETTING RELE DIFFERENSIAL
PADA TRANSFORMATOR 60 MVA
GARDU INDUK 150 KV KUDUS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1 pada
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Islam Sultan Agung**



**Di susun oleh :
MUHAMMAD IRSYAD
NIM : 30601601872**

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

2022

**ANALYSIS OF THE SETTING DETERMINATION OF THE
DIFFERENTIAL RELAY TRANSFORMER 60 MVA 150 KV
SUBSTATION KUDUS
FINAL PROJECT REPORT**

PROPOSED TO COMPLETE THE REQUIREMENT TO OBTAIN A
BACHELOR'S DEGREE (S1) AT DEPARTEMENT OF ELECTRICAL
ENGINEERING, FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY, SULTAN
AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY, SEMARANG



ARRANGED BY :

MUHAMMAD IRSYAD

NIM 30601601872

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

2022

LEMBARAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan Judul "ANALISA PENENTUAN SETTING RELE DIFFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR 60 MVA GARDU INDUK 150 KV KUDUS" ini disusun oleh :

Nama : Muhammad Irsyad

NIM : 30601601872

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 2 Februari 2022

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T

NIDN. 210693007

Pembimbing II

Ir. Ida Widiastuti, M.T

NIDN. 220699012

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Jennv Putri Hapsari, ST., MT.

NIDN. 0607018501

3/8/22

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA PENENTUAN SETTING RELE DIFFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR 60 MVA GARDU INDUK 150 KV KUDUS” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 2 Februari 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

Dedi Nugroho, S.T., M.T.
NIDN : 0617126602
Ketua

Gunawan, ST., MT.
NIDN : 0607117101
Penguji I

Jenny Putri Hapsari, ST., MT.
NIDN : 0607018501
Penguji II

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Irsyad
NIM : 30601601872
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang dengan judul **“ANALISA PENENTUAN SETTING RELE DIFFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR 60 MVA GARDU INDUK 150 KV KUDUS”**, adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, 8 Januari 2022



Muhammad Irsyad

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Irsyad
NIM : 30601601872
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri
No. HP / Email : 082133963927 / muhammadirsyad99@std.unissula.ac.id

Dengan ini saya menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **“ANALISA PENENTUAN SETTING RELE DIFFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR 60 MVA GARDU INDUK 150 KV KUDUS”** 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, 8 Januari 2022

Yang Menyatakan


Muhammad Irsyad

HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO

Persembahan :

Pertama,

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

Kedua,

Untuk Dosen pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan ilmu, saran dan pengarahannya.

Ketiga,

Untuk teman seperjuangan Tugas Akhir dan tidak lupa teman – teman teknik elektro angkatan 2016 yang saling memberikan dukungan.



Motto :

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

{Tafsir Surat Al Insyirah Ayat 5}

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah melainkan kaum yang kafir”

{Tafsir Surat tusuf Ayat 87}

“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

{Tafsir Surat Ar Rad Ayat 11}

Barangsiapa melibatkan diri dalam pekerjaan Allah SWT, maka Allah SWT akan terlibat dalam pekerjaannya.

{Abu Bakar As-Shiddiq}

Orang yang pesimis selalu melihat kesulitan di setiap kesempatan, tapi orang yang optimis selalu melihat kesempatan dalam setiap kesulitan.

{Ali bin Abi Thalib}

Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba, karena di dalam mencoba itulah kita menemukan dan belajar membangun kesempatan untuk berhasil.

{Buya Hamka}

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisa Penentuan Setting Rele Differensial Pada Transformator 60 MVA Gardu Induk 150 KV Kudus**”. Penyusunan laporan Tugas Akhir merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dengan selesainya penyusunan Laporan Tugas ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ir. Ida Widiastuti, MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya, memberikan saran, kritik, dukungan dan semangat serta membimbing penulis.

Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran bagi pengembangan dan perbaikan Tugas Akhir ini di masa yang akan datang.

Akhir kata apabila ada uraian dan penjelasan yang kurang berkenan, penulis mengucapkan permohonan maaf yang sebesar-besarnya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN JUDUL.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	xiv
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 Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Proteksi Transformator Daya	6
2.2.2 Rele Differensial	6
2.2.3 Prinsip kerja Rele Differensial	7
2.2.4 Rele Differensial Keadaan Gangguan Internal	8
2.2.5 Rele Differensial Keadaan Gangguan Eksternal.....	9
2.2.6 Karakteristik Rele Differensial	9
2.3 Perhitungan Teori Setting Rele Differensial	10
2.3.1 Perhitungan Rasio CT	10
2.3.2 Perhitungan Error Mismatch.....	11
2.3.3 Perhitungan Arus Sekunder	12
2.3.4 Perhitungan Arus Differensial.....	12

2.3.5	Perhitungan Arus Restrain	12
2.3.6	Perhitungan Percent Slope	13
2.3.7	Perhitungan Arus Setting	13
2.3.8	Gangguan Hubung Singkat Transformator	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		15
3.1	Model Penelitian.....	15
3.2	Obyek Penelitian	17
3.3	Alat dan Peralatan Penelitian	17
3.4	Langkah – Langkah Penelitian	17
3.5	Diagram Alur Penelitian.....	19
Gambar 1.8 Diagram Alur Penelitian.....		19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		20
4.1	Hasil Perhitungan Teori Rele Differensial	20
4.1.1	Hitung Rasio CT	20
4.1.2	Hitung Error Mismatch	21
4.1.3	Hitung Arus Sekunder CT.....	22
4.1.4	Hitung Arus Differensial.....	22
4.1.5	Hitung Arus Restrain	22
4.1.6	Hitung Percent Slope.....	23
4.1.7	Hitung Arus Setting	23
4.1.8	Gangguan Hubung Singkat pada Transformator	24
4.2	Hasil Simulasi Software 87T.....	26
4.2.1	Hitung Teori	26
4.2.2	Setting GI Kudus.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		31
5.1	Kesimpulan.....	31
5.2	Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA		32
LAMPIRAN.....		33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rele Differensial kondisi arus normal.....	8
Gambar 2. 2 Rele Differensial saat gangguan internal	8
Gambar 2. 3 Rele Differensial saat gangguan eksternal	9
Gambar 2. 4 Karakteristik Rele Differensial.....	10
Gambar 3. 1 Rele Differensial	15
Gambar 3. 2 Simulasi Test Rele Differensial	16
Gambar 3. 3 Simulasi Trip Signal Rele Differensial	16
Gambar 4. 1 Hasil Simulasi Perhitungan Gangguan 10000 A sisi 20 kV.....	25
Gambar 4. 2 Hasil Simulasi Perhitungan Gangguan 900 A sisi 150 kV.....	26
Gambar 4. 3 Daerah Tripping Rele Differensial Perhitungan Teori.....	26
Gambar 4. 4 Hasil Simulasi Pengujian Rele Differensial Perhitungan Teori	27
Gambar 4. 5 Hasil Simulasi Trip Signal Rele Differensial Setting Perhitungan Teori	27
Gambar 4. 6 Daerah Tripping Rele Differensial Setting Gardu Induk Kudus.....	28
Gambar 4. 7 Hasil Simulasi Pengujian Rele Differensial Gardu Induk Kudus	29
Gambar 4. 8 Hasil Simulasi trip signal Rele Differential Setting GI Kudus	29



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Perbandingan Setting Rele Differensial.....	31
--	----



ABSTRAK

Transformator adalah komponen utama pada gardu induk. Sistem proteksi wajib menjaga transformator agar kinerja transformator tetap optimal. Relay differensial merupakan sistem proteksi utama pada transformator yang melindungi transformator dari gangguan. Relay differensial bertugas melindungi transformator ketika terjadi perbedaan nominal arus yang mengalir pada sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah, dan bekerja tanpa waktu tunda. Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui penentuan setting relay differensial sesuai perhitungan teori dengan setting relay differensial GI Kudus.

Penelitian dilakukan dengan mengambil data di GI Kudus kemudian dilakukan perhitungan teori untuk mendapatkan setting sesuai perhitungan. Hasil perhitungan teori didapatkan setting relay differensial sebesar 11,76% untuk Slope1, 23,75% untuk Slope2 dan arus setting sebesar 0,476 A. Kemudian dilakukan perhitungan gangguan hubung singkat untuk mengetahui nilai arus differensial ketika terjadi gangguan dan membandingkannya dengan arus setting. Hasil perhitungan menunjukkan relay akan bekerja jika terjadi gangguan arus hubung singkat sebesar 600 A pada sisi 150 kV dan 10000 A pada sisi 20 kV. Selanjutnya hasil setting sesuai perhitungan teori dan setting sesuai GI Kudus disimulasikan dengan software 87T by Symandari dengan menggunakan data pengujian dari GI Kudus.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rele differensial bekerja men-tripkan transformator dipilih pada pengujian 2 setting hasil perhitungan teori. Sedangkan dengan setting sesuai Gardu Induk Kudus rele differensial tidak men-tripkan transformator dipilih pengujian 4 I₁ 2,5 dan Pengujian 1 I₂ 4,32. Mengacu pada data hasil pengujian rele differensial gardu Induk Kudus, setting sesuai Gardu Induk Kudus lebih layak fungsi dalam mengamankan transformator dibandingkan setting sesuai hasil perhitungan.

Kata Kunci : Penentuan Setting, Rele Differensial, Transformator 60 MVA

ABSTRACT

The transformer is the main component in the substation. The protection system is required to maintain the transformer so that the transformer performance remains optimal. Differential relay is the main protection system on the transformer that protects the transformer from interference, and work without delay. The purpose of this final project is to determine the differential relay setting according to theoretical calculations with the Kudus GI differential relay setting.

The research was carried out by taking data at the Kudus GI then theoretical calculations were carried out to get the setting according to the calculations. The results of the theoretical calculation show that the differential relay setting is 11.76% for slope 1, 23.75% for slope 2 and the setting current is 0.476 A. Then a short circuit fault calculation is performed to determine the value of the differential current when a fault occurs and compare it with the setting current. The calculation result shows the relay will work if there is a short circuit current disturbance of 600 A at side 150 kV and 10000 A at side 20 kV furthermore, the result of the setting according to the theoretical calculations and setting according to the Kudus GI are simulated software by sumandari using test data from the Kudus GI

The simulation shows that the differential relay works by tripping the selected transformer in the 2 setting test of the theoretical calculations result. Meanwhile, with the settings according to the Kudus Substation, the differential relay does not trip the transformer, the 4 I₁ 2.5 test and the 1 I₂ 4.32 test are selected. Referring to the data from the differential relay test results for the Kudus Substation, the settings according to the Kudus Substation are more suitable for securing the transformer than the settings according to the calculation results.

Keywords: Setting Determination, Relay Differential, Transformator

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proteksi merupakan suatu bentuk perlindungan terhadap peralatan listrik yang berguna menghindari peralatan dan juga agar stabilitas penyaluran tenaga listrik tetap terjaga. Tujuan sistem proteksi untuk mengidentifikasi gangguan-gangguan yang terjadi dan memisahkan bagian yang terkena gangguan dari bagian lain yang tidak terkena gangguan sekaligus mengamankan bagian tidak terkena gangguan dari kerusakan yang lebih besar akibat adanya gangguan tersebut. Sistem proteksi dikatakan berfungsi dengan baik jika memenuhi persyaratan yaitu andal, selektif, peka, dan cepat. Bagian yang termasuk kedalam sistem proteksi adalah transformator arus (CT), transformator tegangan, wiring atau pengawatan, dan sumber AC/DC[1].

Permasalahan terjadi pada Transformator 60 MVA GI 150 KV Kudus adalah beban yang melebihi rating transformator, bahkan dapat menyebabkan terjadinya hubung singkat seperti gangguan hubung singkat 2 fasa ke tanah yaitu pada fasa S dan T pada sisi 20 kV. Akibat dari permasalahan tersebut maka diperlukan rele proteksi transformator terutama yang paling penting adalah rele differensial transformator. Rele differensial transformator itu sendiri yaitu rele yang bekerja secara cepat dan otomatis dengan rele-rele lainnya. Bedanya rele differensial dan rele lain yaitu sangat cepat dalam mengatasi pada saat terjadi gangguan terutama untuk keamanan transformator, rele differensial ini tidak dapat sebagai komponen cadangan[2].

Solusi dari permasalahan tersebut adalah diperlukan setting rele proteksi yaitu rele differensial pada transformator 60 MVA Gardu Induk 150 KV KUDUS, dengan cara melakukan pengujian yang dibandingkan dengan perhitungan dan standard, Selanjutnya dilakukan uji simulasi software 87T untuk mendapati layak fungsi rele differensial pada transformator.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana performa rele differensial transformator 60 MVA yang sesuai dengan standar hasil perhitungan pada Gardu Induk 150 KV KUDUS saat terjadi gangguan.
- b. Bagaimana perbandingan standar rele differensial transformator 60 MVA hasil perhitungan dengan standard rele differensial transformator pada Gardu Induk 150 KV KUDUS dengan uji simulasi software.

1.3. Pembatasan Masalah

Penentuan layak fungsi rele differensial pada transformator 60 MVA Gardu Induk 150 KV KUDUS, mengingat luasnya cakupan masalah tentang sistem proteksi pada transformator 60 MVA Gardu Induk 150 KV KUDUS, maka penelitian membatasi batasan masalah sebagai berikut :

- a. Analisa dibatasi hanya pada perbandingan standar rele differensial transformator 60 MVA berdasarkan perhitungan teori dengan standar sesuai rekomendasi software dan standar sesuai Gardu Induk 150 KVKUDUS.
- b. Pengaruh *Arus Inrush* saat transformator *energize* dan adanya arus eksitasi transformator tidak dipertimbangkan dalam menentukan nilai setting rele differensial sesuai perhitungan teori.
- c. Software yang digunakan adalah 87T by Sumandari.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui performa rele differensial transformator 60 MVA sesuai hasil perhitungan pada Gardu Induk 150 KV KUDUS saat terjadi gangguan.
- b. Mengetahui perbandingan performa standar rele differensial transformator 60 MVA berdasarkan perhitungan teori dengan standar rele differensial Gardu Induk 150 KV KUDUS dengan menggunakan uji simulasi software.

1.5. Manfaat Penelitian

- a. Mengetahui settingan terbaik rele differensial untuk keamanan transformator Gardu Induk 150 KV KUDUS.

1.6. Sistematika Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini sistematika penulisan yang digunakan adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Memuat tentang gambaran umum mengenai skripsi berupa latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Memuat tentang gambaran umum mengenai dasar teori dari Prinsip kerja Proteksi Transformator Daya, Rele Differensial, Prinsip Kerja Rele Differensial, Rele Differensial Keadaan Gangguan Internal, Rele Differensial Keadaan Gangguan Eksternal, Karakteristik Rele Differensial.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas metode yang meliputi alat yang digunakan dalam penelitian yang berupa model penelitian, lokasi penelitian, flow chart, dan metode yang akan digunakan untuk menentukan hasil simulasi test dan simulasi trip dengan menggunakan alat software dan langkah – langkah yang digunakan dalam penelitian pada Tugas Akhir..

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan terkait perhitungan teori rele differential yang berupa perhitungan rasio CT, perhitungan error mismath, perhitungan arus sekunder CT, perhitungan arus differential, perhitungan arus restrain, perhitungan percent slope, perhitungan arus setting, dan gangguan hubung singkat transformator dan disimulasikan menggunakan software

kemudian dibandingkan dengan data Gardu Induk Kudus 150 KV yang sudah disimulasikan menggunakan software.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini akan membahas tentang hasil dan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran dari penulis Tugas Akhir.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian – penelitian tentang analisa pengujian rele differensial pada transformator telah dilakukan oleh peneliti terdahulu diantaranya adalah:

a). Penelitian tentang *trouble* rele differensial berhubungan trip CB transformator PLTGU Panaran 30 MVA. Mengkaji tentang trip pada transformator differential, setelah dianalisa didapatkan penyebabnya yaitu petir maka terjadi trip secara bersamaan pada line transmisi 150 KV di line 2 Batu Besar - Muka Kuning dan line 2 Baloi – Sengkuang. Semestinya transformator PLTGU panaran tidak terjadi trip dikarenakan gangguanya pada line transmisi bukan di transformator itu sendiri[3].

b). Analisa proteksi rele differensial terhadap gangguan eksternal transformator. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang di dapatkan dari PLTU Unit 4 Belawan. Membahas tentang penelitian menggunakan data sekunder dilakukan perhitungan secara matematis diantaranya menentukan rasio current transformator, error mismatch, rele differential pada saat kondisi normal dan rele differential pada saat terjadi gangguan. Rasio CT pada sisi primer tegangan transformator 150 KV adalah 400:5 dan pada sisi sekunder tegangan transformator 11 KV 5000 : 5 A hasil ini didapatkan sesuai perhitungan arus raiting pada sisi tegangan primer 150 KV yaitu sebesar 342,8 A dan pada sisi tegangan sekunder 11 KV yaitu sebesar 4676,67 A dan arus setting yang didapatkan sebesar 0,3 A dan mengharapkan setting proteksi pada transformator bisa optimal[4]

c). Penentuan Setting arus lebih generator dan rele differential transformator unit 4 Cirata II. Gangguan yang dimaksudkan adalah gangguan dari arus hubung singkat yang berada pada wiring diagram generator unit 7 dan 8 pada transformator Unit 4 Cirata II. Membahas tentang perhitungan dan analisa gangguan, untuk menghitung manual kali ini menggunakan software yang akan disimulasikan, rele proteksi yang digunakan setting arus lebih dan rele

differential. Untuk mengetahui arus gangguan maka dihasilkan setting arus lebih yang melewati rele 2,65 A dan waktu delay 0,068 detik dan pada rele differential transformator dengan cara yang sama dihasilkan arus sebesar 14,01 A[5].

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Proteksi Transformator Daya

Prinsip kerja proteksi transformator daya tujuannya yaitu untuk menghindari transformator daya saat terjadi panas yang berlangsung pada kurun waktu yang cukup lama . Untuk menghindari gangguan yang terjadi maka transformator daya perlu diisolasi. Secara teknis dan ekonomis untuk mengantisipasi keterlambatan waktu setiap gangguan yang akan terjadi harus diisolasi secepat mungkin, karena transformator daya berukuran besar, sedangkan transformator kecil dapat diamankan menggunakan rele arus lebih. Dalam hal ini mempertimbangkan bagaimana pengaruh besarnya saat terjadi gangguan, akan sangat berpengaruh pada stabilitas, kecepatan operasi sistem tenaga listrik dan faktor ekonomis mempertimbangkan harga transformator yang mahal sekali semisal terjadi kerusakan[6].

2.2.2 Rele Differensial

Rele differensial adalah proteksi utama rele differensial transformator pada saat terjadi gangguan rele ini akan bekerja secara otomatis tanpa koordinasi secara cepat tanpa bekerjasama dengan rele lainnya. Rele differensial ini dibatasi oleh pemasangan kedua transformator arus sisi *incoming* dan *outgoing* dikarenakan rele ini tidak dapat dijadikan cadangan. Rele proteksi differensial berfungsi dengan cara kesetimbangan arus sesuai dengan arus hukumkirchoff yaitu, arus yang masuk / menuju sama dengan arus yang keluar / meninggalkan pada titik cabang / terusan. Ketika terjadi perbedaan, maka rele akan mendeteksi adanya gangguan dan menginstruksikan PMT untuk membuka (trip) apabila terjadi perbedaan. Perbedaan di sini adalah perbedaan nilai arus dan perbedaan besar fasa (stabilitas arus). Relay ini lebih efektif untuk menangani gangguan internal transformator. Pada gangguan di luar daerah pengamanan, relay tidak akan

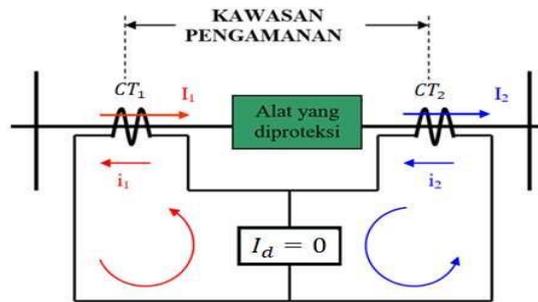
bekerja karena arus masukan dan keluaran sama besar walaupun melebihi arus dari nominal trafo.

Karakteristik layak fungsi rele proteksi yaitu :

- a. Eklektik, rele proteksi wajib eklektik akan terjadinya gangguan kemudian rele beroperasi jika saat terjadinya gangguan dan berhentinya operasi saat keadaan baik.
- b. kehandalan, rele proteksi perlu beroperasi jika terjadinya gangguan kemudiandiharuskan uji secara berkala untuk melihat keandalanya.
- c. Ekonomis, rele mampu beroperasi dengan maksimal walaupun dengan harga yang sangat murah.
- d. Sensitif, rele dapat mendeteksi gangguan yang akan terjadi sehingga arus gangguan dapat ditemukan.
- e. Kecepatan, alat –alat rele harus variabel dari aspek gambaranya.
Rele dapat beroperasi dengan ketepatanjika komponen yang terlindungi aman pada saat terjadinya gangguan.

2.2.3 Prinsip kerja Rele Differensial

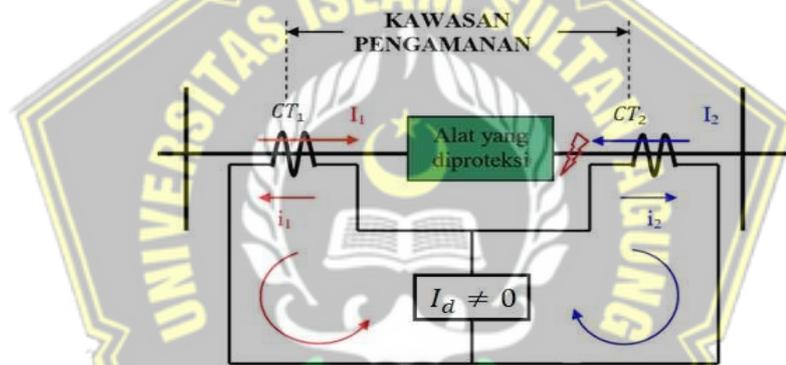
Prinsip proteksi rele differensial adalah menganalogikan dua vektor arus atau lebih yang masuk ke rele, jika pada sisi primer transformator arus (CT) dialiri arus I , maka pada sisi sekunder transformator arus (CT) akan dialiri arus I , pada saat yang sama sisi sekunder kedua transformator arus, akan mengalir arus i dan i yang besarnya tergantung dari rasio yang terpasang, jika besarnya $i = i$ maka relai tidak bekerja, karena tidak ada selisih arus, tetapi jika besarnya arus $i \neq i$ maka relai akan bekerja, karena adanya selisih arus, sesuai persamaan Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Rele Differensial kondisi arus normal[7]

2.2.4 Rele Differensial Keadaan Gangguan Internal

Gangguan internal adalah Pengaman rele differensial saat terjadi gangguandilihat pada Gambar 2.2.

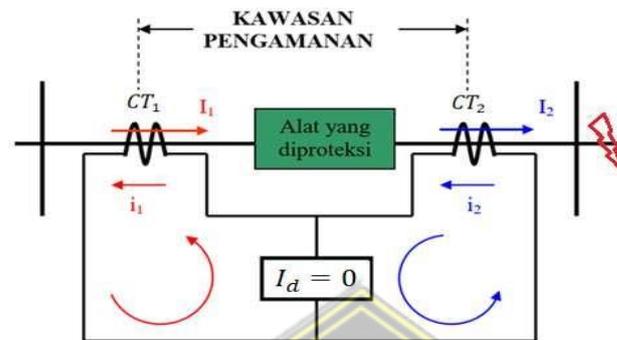


Gambar 2. 2 Rele Differensial saat gangguan internal[7]

Arus mengalir menuju titik gangguan, jika saat akan terjadi gangguan didaerah pengaman rele differensial. Mengapa keamanan pada transformator darurat saat transformator beroperasi menjadi sistem tidak seimbang, karena arus yang mengalir pada CT akan berbalik dari arah normal menuju titik gangguan tersebut. Karena $I \neq 0$, maka rele differensial harus beroperasi dengan memberi sinyal trip kepada CB karena dapat menyebabkan kerusakan pada transformator jika gangguan tersebut dibiarkan.

2.2.5 Rele Differensial Keadaan Gangguan Eksternal

Gangguan eksternal adalah pengamanan rele differensial saat terjadi ganggua diluar daerah dilihat pada Gambar 2.3.

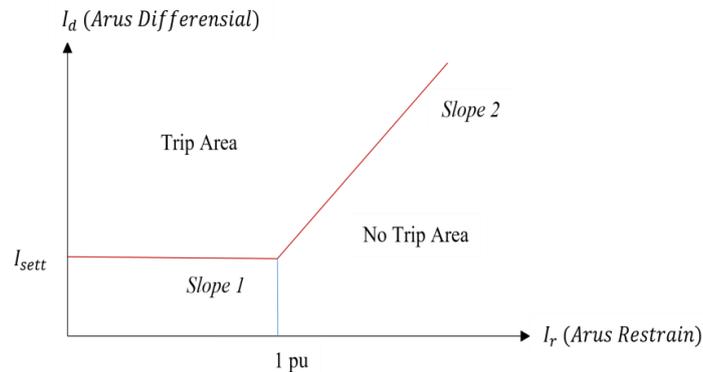


Gambar 2. 3 Rele Differensial saat gangguan eksternal[7]

Sesuai gangguan hubung singkat pada saluran transmisi dan gangguan lainnya. Pengaman rele differensial akan bekerja pada saat terjadi gangguan diluar daerah . Dikarenakan arus yang mengalir pada CT dan CT besarnya sama tetapi arahnya berlawanan.

2.2.6 Karakteristik Rele Differensial

Karakteristik inilah yang akan mendapati jenis gangguan. Masing – Masing rele differensial karakteristik tripping tertentu dilengkapi dengan nilai settingnya. Gambar 2.4 menunjukkan karakteristik tripping rele differensial. Slope1 adalah nilai penentu dimana rele differensial ini akan beroperasi disaat titik rele differensial mulai beroperasi (pick-up rele). Slope1 bertujuan untuk mendeteksi gangguan internal.



Gambar 2. 4 Karakteristik Rele Differensial[7]

Slope2 tujuannya untuk mendeteksi gangguan eksternal. Untuk mendeteksi terjadinya gangguan diluar daerah pengaman diperlukan nilai Slope2. Disaat akan terjadinya gangguan eksternal nilai arus melebihi transformator sangat besar. Pada masing – masing sisi transformator arus yang sangat besar ini bagusnya ditransformasikan oleh CT yang bernilai sama besarnya, walaupun setiap CT mempunyai karakteristik terjadinya error akibatnya arus differensial pada sisi belitan transformator akan menjadi besar. Mengapa Perbedaan arus differensial ini menyebabkan terjadinya gangguan internal ataupun gangguan eksternal, karena untuk mengetahui nilai arus rata – rata yang masuk pada kedua sisi belitan transformator, maka digunakanya perhitungan arus restrain (persamaan).

2.3 Perhitungan Teori Setting Rele Differensial

2.3.1 Perhitungan Rasio CT

Penentuan CT ini menyesuaikan berdasarkan alat ukur dan proteksi. Penentuan CT akan memberi keamanan sistem yang baik dengan kualitas yang baik pula. Mengapa sistem akan mengamankan rele differensial ini secara maksimal dengan karakteristik CT beroperasi dengan baik, karena CT diletakkan di kedua sisi peralatan pada keamanan transformator tenaga dan rele differensial inilah sangat tergantung terhadap karakteristik CT. Rele differensial pada Rasio CT dipilih sebaiknya mempunyai nilai yang terdekat dengan I_{rating} . Sesuai persamaan berikut (2.1) (2.2) dan (2.3).

$$I_{rating} = 110\% \times I \quad (2.1)$$

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_p} \quad (2.2)$$

$$I_2 = \frac{s}{\sqrt{3} \times V_s} \quad (2.3)$$

dengan :

I = Arus Nominal (A)

S = Daya Tersalur (MVA)

V_p = Tegangan primer (V)

V_s = Tegangan sekunder (V)

2.3.2 Perhitungan Error Mismatch

Error Mismatch yaitu kesalahan saat mendeteksi perbedaan arus tegangan sisi sekunder dengan tegangan sisi primer pada transformator tenaga. Error mismatch dalam pengamanan transformator tenaga menginginkan nilainya sekecil mungkin supaya rele proteksi differensial beroperasi secara optimal. Dalam pengoperasian Error mismatch syarat kesensitifan rele differensial tidak di anjurkan lebih dari 5%. Syarat ini bertujuan untuk keamanan pengoptimalan sistem tenaga listrik dari gangguan yang akan terjadi. Error mismatch dihasilkan nilai rasio CT yang terpasang / yang ada di pasaran dengan perbandingan nilai rasio CT ideal. Sesuai persamaan berikut (2.4) (2.5) dan (2.6).

$$Error\ Mismatch = \frac{\text{rasioCTideal}}{\text{rasioCTterpasang}} \% \quad (2.4)$$

Menghitung nilai rasio CT ideal yaitu :

$$\text{Rasio CT(Ideal)} = \text{rasio CT}_2 \times \frac{V_s}{V_p} \quad (2.5)$$

$$\text{Rasio CT(Ideal)} = \text{rasio CT}_1 \times \frac{V_p}{V_s} \quad (2.6)$$

dengan :

Rasio CT = nilai CT terpasang

Rasio CT (Ideal) = rasio arus ideal transformator

V_p = tegangan primer (V)

V_s = tegangan sekunder (V)

2.3.3 Perhitungan Arus Sekunder

Arus sekunder CT adalah arus yang mendeteksi oleh transformator arus. Untuk mencari arus sekunder CT sesuai persamaan berikut(2.7).

$$i = \frac{1}{\text{rasioCT}} \times I \quad (2.7)$$

dengan :

i = Arus sekunder CT

I = Arus nominal

2.3.4 Perhitungan Arus Differensial

Arus Differensial adalah perbedaan arus pada sisi tegangan tinggi dengan sisi tegangan rendah. Untuk mencari arus differensial sesuai persamaan berikut (2.8).

$$I_d = i_2 - i_1 \quad (2.8)$$

dengan :

I_d = arus differensial (A)

i_2 = arus sekunder CT_2 (A)

i_1 = arus sekunder CT_1 (A)

2.3.5 Perhitungan Arus Restrain

Arus restrain merupakan parameter kerja rele differensial dipakai untuk penahan. Arus restrain pada sisi tegangantinggi dengan sisi teganganrendah

dipakai untuk mengetahui arus rata – rata yang mengalir pada transformator sesuai persamaan berikut (2.9).

$$I_r = \frac{i_1 + i_2}{2} \quad (2.9)$$

dengan :

$$I_r = \text{Arus restrain (A)}$$

$$i_1 = \text{Arus sekunder } CT_1 \text{ (A)}$$

$$i_2 = \text{Arus sekunder } CT_2 \text{ (A)}$$

2.3.6 Perhitungan Percent Slope

Percent slope yaitu nilai percent slope didapatkan dari membagi arus differensial dengan arus restrain. Untuk mendapatkan arus differensial Slope1 beroperasi terhadap gangguan internal, sementara itu Slope2 tidak beroperasi pada saat gangguan eksternal. Sesuai persamaan berikut (2.10) dan (2.11) untuk menghitung percent slope:

$$\text{Slope1} = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \quad (2.10)$$

$$\text{Slope2} = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2 \right) \times 100\% \quad (2.11)$$

dengan :

$$I_d = \text{Arus differensial (A)}$$

$$I_r = \text{Arus restrain (A)}$$

2.3.7 Perhitungan Arus Setting

Arus setting adalah definisi untuk menentukan rele differensial apakah akan beroperasi atau tidak dengan cara perbandingan arus differensialnya. Mengapa

rele akan beroperasi saat men-tripkan jaringan yaitu pada saat arus differensial nilainya melebihi arus setting. Sesuai persamaan (2.12).

$$I_{\text{sett}} = \text{slope}_1 \times I_r \quad (2.12)$$

dengan :

$$I_{\text{sett}} = \text{Arus setting (A)}$$

$$I_r = \text{Arus restrain (A)}$$

2.3.8 Gangguan Hubung Singkat Transformator

Gangguan hubung singkat transformator adalah untuk memperoleh dugaan apakah rele differensial akan beroperasi atau tidak dengan gangguan yang diberikan pada saat perhitungan. Sesuai persamaan berikut (2.13) sampai (2.17).

$$I_{f\text{rele}} = I_f \times \text{Rasio CT} \quad (2.13)$$

$$i_{1\text{fault}} = \frac{I_{f\text{relay}}}{i_1} \quad (2.14)$$

$$i_{1\text{fault}} = \frac{I_{f\text{relay}}}{i_1} \quad (2.15)$$

$$I_d = i_2 - i_{1\text{fault}} \quad (2.16)$$

$$I_d = i_{2\text{fault}} - i_1 \quad (2.17)$$

dengan :

$$I_{f\text{rele}} = \text{Arus gangguan rele (A)}$$

$$I_f = \text{Arus gangguan (A)}$$

$$\text{Rasio CT} = \text{Rasio CT}_2$$

$$i_{1\text{fault}} = \text{Arus sekunder CT}_1 \text{ saat terjadi gangguan (A)}$$

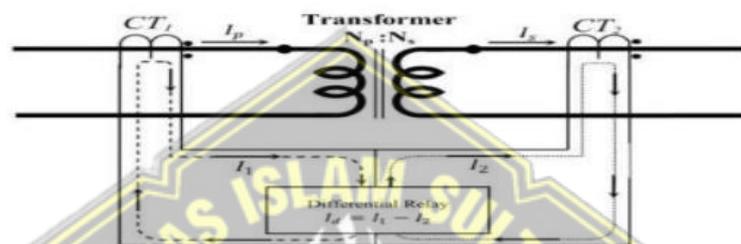
$$i_{2\text{fault}} = \text{Arus sekunder CT}_2 \text{ saat terjadi gangguan (A)}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

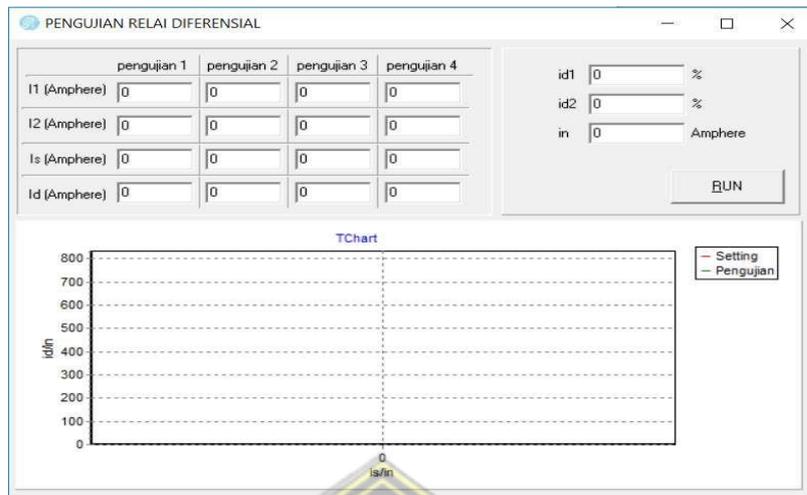
Prinsip kerja rele differensial adalah perbandingan dua arus vektor atau lebih yang akan masuk ke rele, seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Rele Differensial[8]

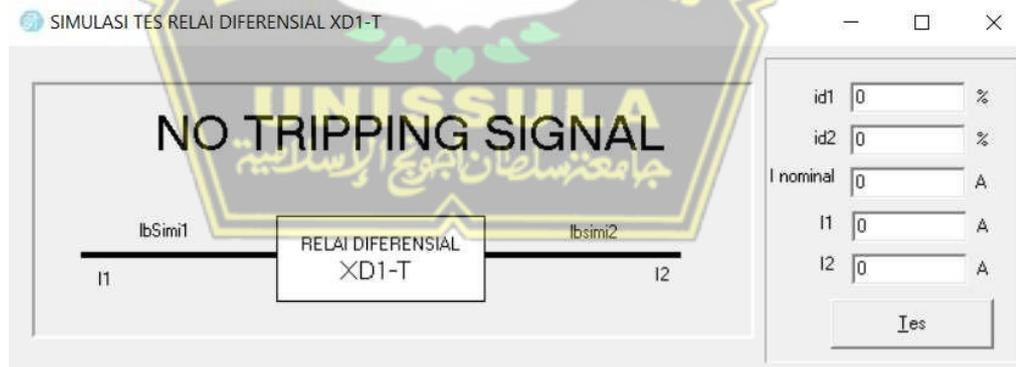
ketika pada tegangan sisi primer transformator arus (CT_1) dialirkan arus I_1 , selanjutnya pada sisi primer transformator arus (CT_2) akan dialiri arus I_2 .

Pada simulasi rele differensial ini, menggunakan software yaitu 87T Setting by Sumandari. Bapak Sumandari sebagai teknisi elektrik di PT. Indonesia Power UBP Mrica dan sebagai pengembang software ini, di dalam software tersebut terdapat dua simulasi test yang bisa disimulasikan yaitu simulasi test rele differensial dan simulasi trip rele differensial bisa dilihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3. 2 Simulasi Test Rele Differensial

Pada simulasi test rele differensial, caranya dengan memasukkan data pengujian yang diperoleh dari Gardu Induk Kudus kita dapat menganalisa bagaimana performa settingan antara Slope1 id1, Slope2 id2 dan Arus in terhadap gangguan yang terjadi. Bagaimanakah data rele differensial ini bisa beroperasi dengan layak atau tidak.



Gambar 3. 3 Simulasi Trip Signal Rele Differensial

Pada simulasi trip rele differensial ini menggunakan hasil uji tripping signal dari data simulasi test rele differensial tersebut. bagaimanakah tripping signal sesuai dengan hasil simulasi test rele differensial tersebut layak atau tidak.

3.2 Obyek Penelitian

Objek yang dipakai pada penelitian ini yaitu :

1. PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150KVKUDUS.

3.3 Alat dan Peralatan Penelitian

1. PC
2. Software 87T by Sumandari
3. Alat Tulis

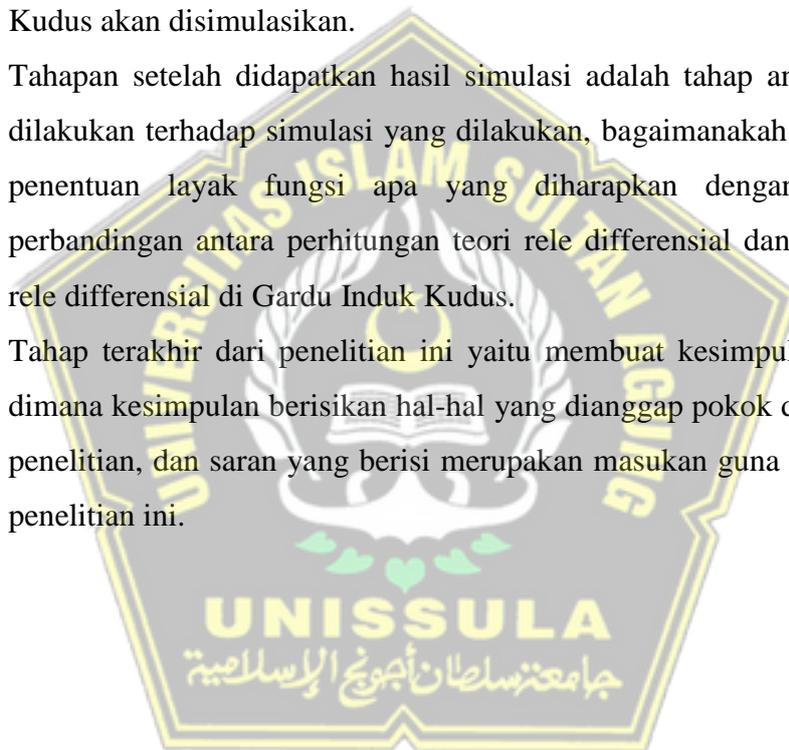
Data – Data Penelitian

1. Transformator : 60 MVA , 150 kV/20 kV
2. Rasio CT (150 kv) 300 : 5 A
3. Rasio CT (20 kv) 20000 : 5 A
4. Arus Setting : 1 A. slope 1 : 10% slope 2 : 80%

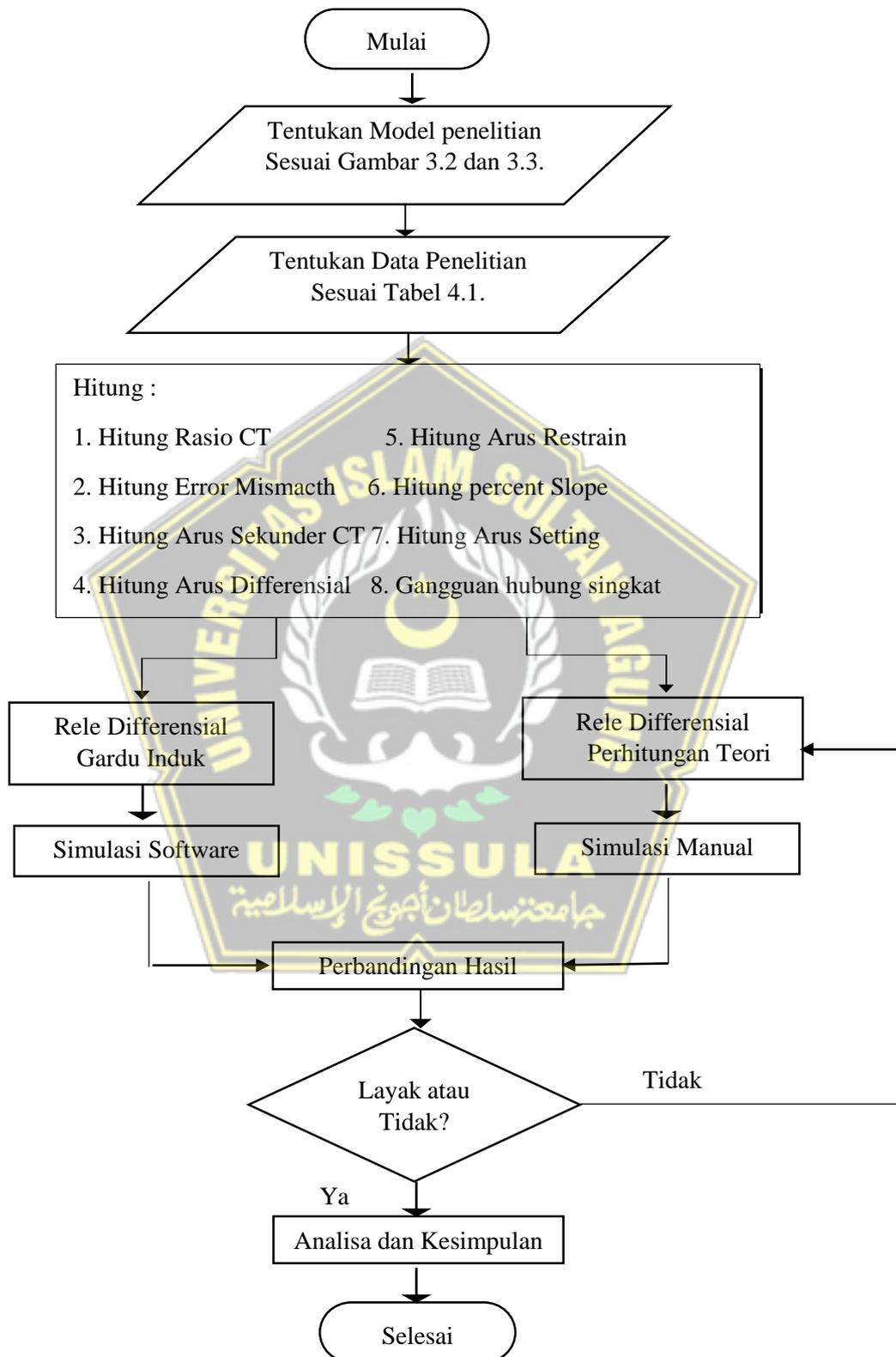
3.4 Langkah – Langkah Penelitian

1. Langkah Pertama dalam uji penelitian yaitu mencari literatur yang tepat dengan penelitian yang akan dikerjakan. Tujuan dari literatur ini yaitu untuk mempelajari dasar teori mengenai rele differensial, cara kerja rele differensial, hingga cara menentukan layak fungsi rele differensial.
2. Setelah mendapatkan berbagai macam studi literatur sebagai referensi maka seterusnya adalah menyiapkan semua kebutuhan alat dan bahan yang akan digunakan untuk menghitung berdasarkan teori dan memasukkan data uji layak penentuan rele differensial tersebut.
3. Kemudian menghitung berdasarkan teori pada perhitungan ini sudah jelas karena daya yang tersalur pada transformator 60 MVA pada Kudus yang akan dihitung berdasarkan teori hasilnya kurang dari rekomendasi PLN . Dan PLN juga sudah memberikan nilai rekomendasi dalam menentukan setting rele differensial yang terdapat pada Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Gardu Induk, seperti nilai Slope1 sebesar 25%-35% dan nilai Slope2 sebesar 50% - 80 %.

4. Tahap Pertama setelah didapatkan hasil perhitungan teori yaitu tahap simulasi. Pada tahap simulasi dilakukan pengujian hasil dari perhitungan teori dengan data hasil uji di Gardu Induk Kudus caranya memasukkan nilai ke dalam software yaitu ada dua tahap pada tahap pertama simulasi test rele differensial dilakukan dengan memasukkan nilai Slope1 dan Slope2 dan hasil pengujian, tahap kedua simulasi trip rele differensial dilakukan dengan memasukkan Slope1, Slope2, Arus nominal, I_1 , dan I_2 kedua tahap tersebut perhitungan teori ataupun hasil uji gardu Induk Kudus akan disimulasikan.
5. Tahapan setelah didapatkan hasil simulasi adalah tahap analisa. Analisa dilakukan terhadap simulasi yang dilakukan, bagaimanakah hasil simulasi penentuan layak fungsi apa yang diharapkan dengan mengetahui perbandingan antara perhitungan teori rele differensial dan data hasil uji rele differensial di Gardu Induk Kudus.
6. Tahap terakhir dari penelitian ini yaitu membuat kesimpulan dan saran, dimana kesimpulan berisikan hal-hal yang dianggap pokok didalam proses penelitian, dan saran yang berisi merupakan masukan guna kesempurnaan penelitian ini.



3.5 Diagram Alur Penelitian



Gambar 1.8 Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan Teori Rele Differensial

4.1.1 Hitung Rasio CT

Menentukan Perhitungan Rasio CT arus nominal pada sisi tegangan 150 kV dan sisi tegangan 20 kV dengan kapasitas trafo 60 MVA dapat dihitung dengan persamaan (2.2) dan (2.3).

Menghitung arus nominal sisi tegangan 150 kV:

$$I_1 = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 150}$$

$$I_1 = 230,94 \text{ A}$$

Menghitung arus nominal sisi tegangan 20 kV:

$$I_1 = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}}$$

$$I_1 = 1732,05$$

Menentukan perhitungan arus rating pada sisi tegangan 150 kV dan sisi tegangan 20 kV dapat dihitung dengan persamaan (2.1).

Menghitung I_{rating} sisi tegangan 150 kV :

$$I_{rating} = 110\% \times 230,94$$

$$I_{rating} = 254,03 \text{ A}$$

Menghitung I_{rating} sisi tegangan 20 kV :

$$I_{rating} = 110\% \times 1732,05$$

$$I_{rating} = 1905,255 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan nilai arus nominal yang masuk pada sisi tegangan 150 kV 254,03 A dan pada sisi tegangan 20 kV

1905,255 A. Dan hasil yang didapatkan nilai dari perhitungan arus rating pada sisi tegangan 150 kV 279,444 A dan pada sisi tegangan 20 kV 2095,775 A, maka rasio CT menurut perhitungan pada sisi tegangan 150 kV yaitu 300:5 dan pada sisi tegangan 20 kV 2000:5. Rasio CT pada Gardu Induk Kudus diambil 300 A dan 2000 A dikarenakan mendekati rasio dan arus rating yang ada pada umumnya.

4.1.2 Hitung Error Mismatch

Menentukan Error mismatch pada sisi tegangan 150 kV dapat dihitung dengan persamaan (2.4) dan (2.5).

Hitung error mismatch sisi tegangan 150 kV :

$$RasioCT_1(Ideal) = RasioCT_2 \frac{V_s}{V_p}$$

$$RasioCT_1(Ideal) = \frac{2000}{5} \times \frac{20 \text{ kv}}{150 \text{ kv}} = 53,33 \text{ A}$$

$$ErrorMismatch = \frac{53,33}{60} \% = 0,88 \%$$

Menentukan Error mismatch pada sisi tegangan 20 kV dapat dihitung dengan persamaan (2.4) dan (2.6).

Hitung error mismatch sisi tegangan 20 kV :

$$RasioCT_2(Ideal) = RasioCT_1 \frac{V_p}{V_s}$$

$$RasioCT_2(Ideal) = \frac{300}{5} \times \frac{150 \text{ kv}}{20 \text{ kv}} = 450 \text{ A}$$

$$ErrorMismatch = \frac{450}{400} \% = 1,125 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan nilai rasio CT₁ ideal 53,33 A dan rasio CT₂ ideal 450 A. Dan nilai Error mismatch CT₁ 0,88% dan error mismatch CT₂ 1,125%. Dan syarat besar rasio untuk perbandingan kedua CT tersebut tidak diizinkan lebih dari 5%.

4.1.3 Hitung Arus Sekunder CT

Menentukan Arus Sekunder CT pada sisi tegangan 150 kV dan pada sisi tegangan 20kV dapat dihitung dengan persamaan (2.7).

Hitung arus sekunder sisi tegangan 150 kV :

$$i_1 = \frac{5}{300} \times 230,94 = 3,849 \text{ A}$$

Hitung arus sekunder sisi tegangan 20kV:

$$i_2 = \frac{5}{2000} \times 1732,05 = 4,330 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan arus sekunder CT yang didapatkan nilai arus pada CT₁ 3,849 A dan CT₂ 4,330 A. Dari hasil perhitungan yang didapatkan oleh kedua sisi tersebut bisa dipakai untuk menghitung arus differensial.

4.1.4 Hitung Arus Differensial

Menentukan Arus Differensial dapat dihitung dengan persamaan (2.8).

Hitung arus differensial :

$$I_d = 4,330 - 3,849 = 0,481 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan arus differensial didapatkan nilai yaitu 0,481 A. Dari hasil perhitungan yang didapatkan bisa dipakai untuk menghitung setting slope.

4.1.5 Hitung Arus Restrain

Menentukan Arus Restrain dapat dihitung dengan persamaan (2.9).

Hitung arus restrain :

$$I_r = \frac{4,330 + 3,849}{2} = 4,089 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan arus restrain didapatkan nilainya yaitu 4,498 A. Mengapa arus differensial bisa naik, karena arus yang melewati transformator besar sekali dan terjadi gangguan eksternal pada transformator. Nilai restrain bertugas untuk menentukan apakah rele differensial ini berasal dari gangguan eksternal atau internal. Dari perhitungan yang didapatkan bisa dipakai untuk menghitung percent slope.

4.1.6 Hitung Percent Slope

Menentukan Percent Slope1 dapat dihitung dengan persamaan (2.10).

Hitung $slope_1$:

$$slope_1 = \frac{0,481}{4,089} \times 100\% = 11,76\%$$

Menentukan Percent Slope2 dapat dihitung dengan persamaan (2.11).

Hitung $slope_2$:

$$slope_2 = \left(\frac{0,481}{4,049} \times 2 \right) \times 100\% = 23,75\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan percent slope didapatkan nilai Slope1 11,76% dan Slope2 23,75%. Slope1 bertugas menentukan kapan rele differensial akan beroperasi dan untuk mendeteksi gangguan internal. Slope2 bertujuan untuk keamanan rele differensial disaat akan terjadi gangguan eksternal lebih besar. Sebab itulah mengapa Slope1 lebih kecil dibanding Slope2 yang nilainya lebih besar.

4.1.7 Hitung Arus Setting

Menentukan Arus Setting dapat dihitung dengan persamaan (2.12).

$$I_{\text{sett}} = 11,76\% \times 4,049 = 0,476 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan arus setting didapatkan nilainya adalah 0,476 A. Penyebab nilai arus rele differensial melewati arus setting yaitu ketika arus rele differensial akan terjadi gangguan saat beroperasi..

Setelah diperoleh nilai setting rele differensial sesuai perhitungan, Ini adalah perbandingan hasil perhitungan teori dengan data setting rele differensial transformator Gardu Induk Kudus dirujukkan oleh tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Perbandingan Setting Rele Differensial

Data Setting Rele Differensial	Setting Gardu Induk Kudus	Setting Hasil Perhitungan Teori
Arus Setting	1 A	0,476 A
Slope#1	10 %	11,76 %
Slope#2	80 %	23,75 %

Dari tabel 4.1, terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara nilai setting rele differensial perhitungan teori dengan nilai setting rele differensial GI Kudus. Hal ini dikarenakan dalam menentukan setting rele differensial perhitungan teori, tidak mempertimbangkan *arus inrush* saat transformator *energize* dan arus eksitasi transformator. Sedangkan pada setting rele differensial GI Kudus, semua aspek termasuk *arus inrush* saat transformator *energize* maupun arus eksitasi transformator dipertimbangkan dalam menentukan nilai setting rele differensial. Dan PLN juga sudah memberikan nilai rekomendasi dalam menentukan setting rele differensial yang terdapat pada Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Gardu Induk, seperti nilai Slope1 sebesar 25%-35% dan nilai Slope2 sebesar 50% - 80 %.

4.1.8 Gangguan Hubung Singkat pada Transformator

Menentukan Gangguan Hubung Singkat pada Transformator dapat dihitung dengan persamaan (2.13) sampai (2.17). Kita bisa mendapatkan asumsi bahwa

kerja rele differensial sesuai perhitungan teori mengenai arus gangguan hubung singkat melalui perhitungan berikut.

Dimisalkan Arus gangguan sebesar 10000 di sisi tegangan 20 kV :

$$I_{frelay} = I_f \times Rasio CT_2$$

$$I_{f\ rele} = 10000 \times \frac{5}{2000} = 25 \text{ A}$$

$$I_{2\ fault} = \frac{25}{4,330} = 5,77 \text{ A}$$

$$I_d = 5,77 - 3,849 = 1,921 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil arus gangguan sebesar 10000 A sisi tegangan 20 kV, mendapatkan hasil arus rele differensial sebesar 1,921 A sesuai perhitungan. Maka dari itu rele differensial akan beroperasi jika nilai arus rele differensial sudah melewati arus setting. Untuk membuktikannya dilakukan simulasi test rele differensial yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil Simulasi Perhitungan Gangguan 10000 A sisi 20 kV

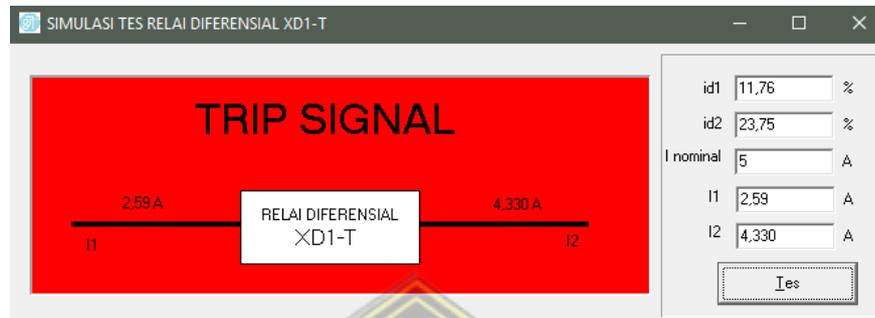
Dimisalkan Arus gangguan sebesar 600 A disisi tegangan 150 kV :

$$I_{frelay} = I_f \times CT_1$$

$$I_{frelay} = 600 \times \frac{5}{300} = 10 \text{ A}$$

$$I_{frelay} = \frac{10}{3,849} = 2,59 \text{ A}$$

$$I_d = 4,330 - 2,59 = 1,74 \text{ A}$$

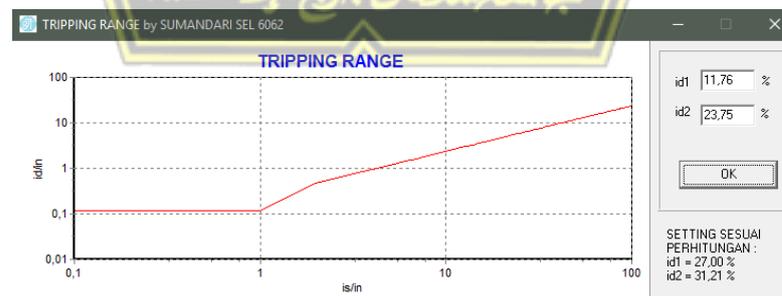


Gambar 4. 2 Hasil Simulasi Perhitungan Gangguan 600 A sisi 150 kV

Berdasarkan hasil arus gangguan sebesar 600 A sisi tegangan 150 kV, mendapatkan hasil arus rele differensial sebesar 1,74 A sesuai perhitungan. Maka dari itu rele differensial akan beroperasi jika nilai arus rele differensial sudah melewati arus setting. Untuk membuktikannya dilakkukan simulsi test rele differensial yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.

4.2 Hasil Simulasi Software 87T

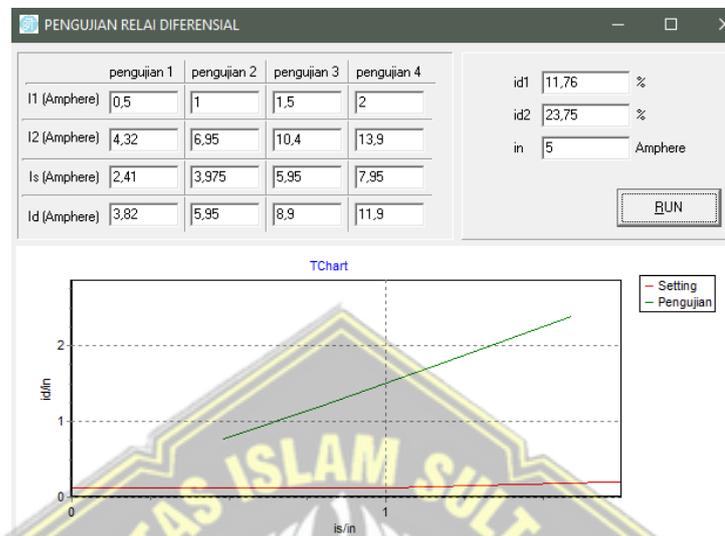
4.2.1 Hitung Teori



Gambar 4. 3 Daerah Tripping Rele Differensial Perhitungan Teori

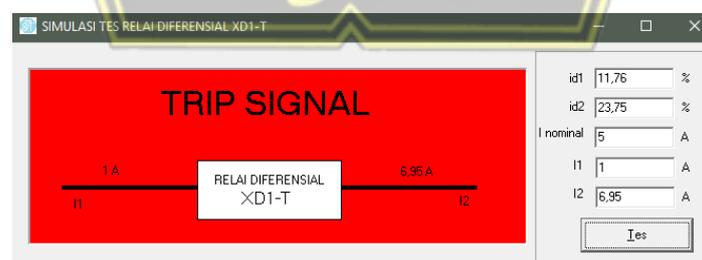
Merujuk pada Gambar 4.3 daerah tripping rele differensial sesuai setting perhitungan teori. Rele differensial mulai beroperasi pada titik nilai arus differensial 0,1 pu dan nilai arus restrainnya tidak boleh melebihi 1pu untuk

daerah tripping Slope1. Untuk daerah tripping Slope2 arus restrainnya nilainya harus lebih dari 1pu.



Gambar 4. 4 Hasil Simulasi Pengujian Rele Diferensial Perhitungan Teori

kemudian simulasi tes uji rele diferensial hasil perhitungan teori dengan memakai data pengujian Gardu Induk Kudus dilihat pada Gambar4.4. Dengan hasil simulasi yang telah dilakukan, rele diferensial pada pengujian mengalami tripping yang sangat signifikan dikarenakan Slope1 jauh melebihi 1 pu, dan Slope2 kurang dari 1 pu.

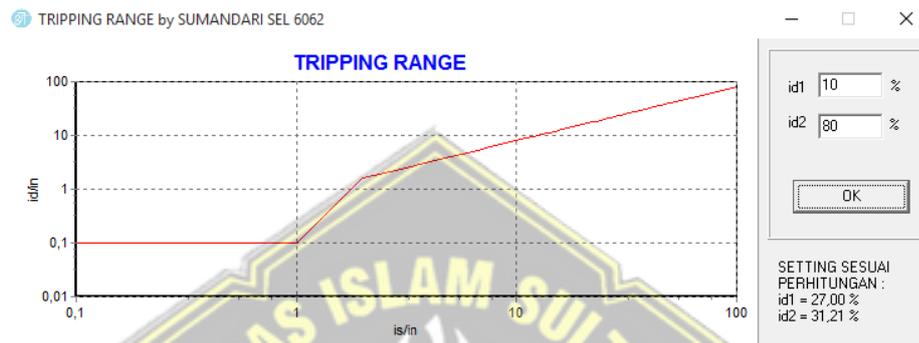


Gambar 4. 5 Hasil Simulasi Trip Signal Rele Diferensial Setting Perhitungan Teori

Berikut simulasi trip signal hasil perhitungan teori dengan memakai data pengujian Gardu Induk Kudus bisa dilihat pada Gambar 4.5. Pada simulasi ini dipilih pengujian 2 tujuannya yaitu untuk menguji apakah rele diferensial bisa

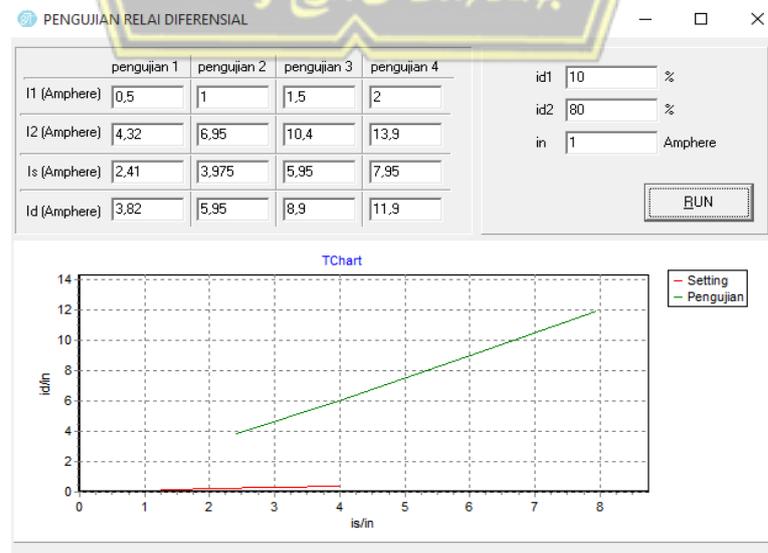
menyebabkan trip atau tidak. Dari hasil simulasi yang dilakukan, pengujian 2 trip signal sesuai dengan simulasi yang dibuktikan.

4.2.2 Setting GI Kudus



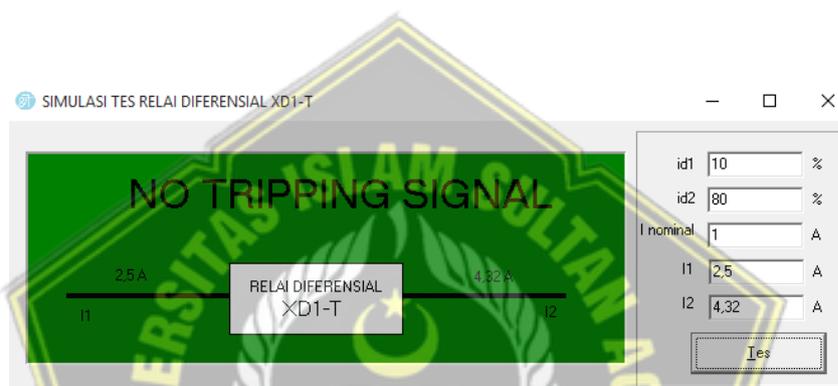
Gambar 4. 6 Daerah Tripping Rele Diferensial Setting Gardu Induk Kudus

Pada Gambar 4.6 memperlihatkan daerah tripping rele diferensial setting Gardu Induk Kudus. Nilai Slope1 sebesar 10 % dan nilai Slope2 sebesar 80 %. Titik rele mulai bekerja jika nilai arus differensialnya 0,1 pu dan arus restrainnya kurang dari 1 pu untuk daerah trip Slope1. Untuk daerah trip Slope2, nilai arus restrain lebih dari 1 pu.



Gambar 4. 7 Hasil Simulasi Pengujian Rele Differential Gardu Induk Kudus

kemudian simulasi tes uji rele differensial memakai data pengujian Gardu Induk Kudus dan Slope1 10%, Slope2 80%, arus nominal menggunakan 1 A sesuai data pengujian Gardu Induk Kudus bisa dilihat pada (Gambar4.4). Dengan hasil simulasi yang telah dilakukan, rele differensial pada pengujian mengalami tripping yang sangat signifikan dikarenakan Slope1 jauh melebihi 1 pu, dan Slope2 kurang dari 1 pu.



Gambar 4. 8 Hasil Simulasi trip signal Rele Differential Setting GI Kudus

Pada simulasi terakhir adalah simulasi tripping signal sesuai dengan hasil simulasi pengujian rele differensial setting GI Kudus (Gambar 4.8). Dalam simulasi ini dipilih pengujian I_1 dengan nilai 2,5 dan I_2 dengan nilai 4,32 untuk membuktikan apakah rele differensial akan trip atau tidak. Dari simulasi yang dilakukan, dalam pengujian I_1 2,5 dan I_2 4,32 rele tidak trip sesuai dengan hasil pengujian rele differensial. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data pengujian rele differensial pada Gardu Induk Kudus yang terdapat pada lampiran, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan rele differensial perhitungan teori tidak dapat digunakan pada Gardu Induk Kudus dikarenakan bisa mengakibatkan banyaknya energi listrik yang terbuang karena sering terjadinya trip dan proses distribusi energi listrik terhambat. Ini dikarenakan arus yang melewati transformator yang sudah diukur dalam keadaan gardu induk beroperasi normal saja dapat menyebabkan rele differensial trip karena sudah melewati nilai arus setting. Belum termasuk jika terjadi gangguan hubung

singkat pada transformator dan juga arus inrush saat transformator *energize* yang akan membuat lebih seringnya rele trip jika menggunakan setting rele differensial hasil perhitungan teori. Berbeda dengan setting rele differensial GI Kudus pada saat arus melewati transformator yang sudah diukur dalam keadaan gardu induk beroperasi normal rele differensial tidak mengalami trip. Dan juga setting rele differensial GI Kudus sudah mengantisipasi rele tidak akan trip jika terdapat adanya *arus inrush* pada saat transformator *energize*.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan teori dan pembahasan maka diambil kesimpulan :

1. Pada karakteristik relay differensial, untuk setting rele differensial hasil perhitungan teori nilai Slope1 sebesar 11,76% dan nilai Slope2 yaitu 23,52%, sedangkan untuk setting rele differensial Gardu Induk Kudus nilai Slope1 sebesar 10% dan nilai Slope2 sebesar 80%.
2. Rele differensial hasil perhitungan teori tidak layak dapat digunakan di GI Kudus dikarenakan dapat mengakibatkan seringnya trip dan menyebabkan banyaknya energi listrik yang terbuang dan dapat membebani proses distribusi energi listrik.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan tidak terlepas dari batasan pada software. Dari situlah untuk pengembangan lebih lanjut maka perlu diperhatikan beberapa hal berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa dikembangkan dengan menggunakan software – software yang berhubungan dengan simulasi rele differensial transformator.
2. Mengembangkan perhitungan berdasarkan teori terutama pada Slope2 agar nilai mendekati setting rele differensial sesuai rekomendasi Buku pedoman PLN yaitu 50% - 80%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Subari and D. H. Kusumastuti, “Setting Relay Differensial Pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi,” *Transmisi*, vol. 17, no. 3, pp. 147-152–152, 2015, doi: 10.12777/transmisi.17.3.147-152.
- [2] D. H. Liem Ek Bien, “STUDI PENYETELAN RELAI DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR PT CHEVRON PACIFIC INDONESIA,” *JETri*, vol. 6, no. 2, pp. 41–68, 2007.
- [3] M. Irsyam, “Analisa Trouble Differential Relay Terhadap Trip Cb (Circuit Breaker) 150 Kv Transformator 30 Mva Pltgu Panaran,” *J. Dimens.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2016, doi: 10.33373/dms.v3i2.86.
- [4] D. Hariyono, “Analisa Proteksi Relay Differensial Terhadap Gangguan Eksternal Transformator,” *Saintek ITM*, vol. 32, no. 2, pp. 37–43, 2019, doi: 10.37369/si.v32i2.60.
- [5] A. Istimaroh and N. Hariyanto, “Penentuan Setting Rele Arus Lebih Generator dan Rele Diferensial Transformator Unit 4 PLTA Cirata II,” vol. 1, no. 2, pp. 131–141, 2013.
- [6] M. D. Cookson and P. M. R. Stirk, “proteksi transformator daya,” pp. 5–13, 2019.
- [7] M. A. Elvy Sahnur Nasution, Faisal Irsan Pasaribu, Yusniati, “Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada gardu induk,” *Ready Start*, vol. 02, no. 1, pp. 179–186, 2019.
- [8] A. Sidik, “Analisa Kerja Rele Diferensial Pada Trafo 60 MVA Di Gardu Induk Wonosari,” 2018.