

## Instalasi Relai Differensial Mbch 12 (Alsttom) Sebagai Proteksi Utama Pada Simulator Koordinasi Proteksi Transformator Tenaga

Muhammad Rifki Andika<sup>1</sup>, Supriyanto<sup>2</sup>, Heri Budi Utomo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

<sup>1</sup>E-mail : muhammad.rifki.tlis19@polban.ac.id

<sup>2</sup>E-mail : \*supriyanto\_suhono@polban.ac.id

<sup>3</sup>E-mail : iatki.hbu@gmail.com

\*E-mail korespondensi

### ABSTRAK

Tranformator tenaga adalah komponen sistem tenaga listrik yang membutuhkan relai differensial untuk melindunginya dari gangguan internal. Relai differensial memiliki prinsip kerja bias (differensial bias). Differensial bias memiliki dua nilai parameter (arus differensial dan arus restrain) yang digunakan sebagai acuan untuk penentuan karakteristik ideal yang dimilikinya. Pada tugas akhir ini akan merancang dan merakit relai differensial tipe MBCH 12 (ALSTOM) serta simulator koordinasi proteksi tranformator tenaga sebagai tempat dilakukannya pengujian. Identifikasi permasalahan dan studi Pustaka dilakukan sebagai dasar dilakukannya proses setting dan pengujian relai. gangguan internal dan eksternal disimulasikan menggunakan gangguan hubung singkat tiga fasa. Besar arus maksimal saat kondisi normal yang digunakan pada simulator sebesar 0,7 A pada sisi primer dan 1 A pada sisi skunder. Setting relai differensial membutuhkan nilai slope 1 dan slope 2. Slope 1 adalah nilai yang akan menghasilkan arus setting yang membuat relai tidak bekerja saat kondisi normal. Slope 2 adalah nilai yang akan menghasilkan arus setting yang membuat relai tidak bekerja saat kondisi gangguan eksternal. mendasar pada arus nominal simulator yang telah ditetapkan dihasilkan nilai Iset1 sebesar 0,11 A dan Iset2 sebesar 0,22 A, kedua nilai ini yang menjadi dasar penentuan setting relai differensial sebesar 0,3 (30%) arus nominalnya.

### Kata Kunci

*Arus differensial, arus restrain, MBCH 12, gangguan internal, gangguan eksternal.*

### 1. PENDAHULUAN

Gangguan yang bisa terjadi di dalam tranformator tenaga adalah gangguan internal. Sehingga dibutuhkan sistem proteksi yang baik dan stabil untuk mendeteksi kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik dan memerintahkan trip pada *circuit breaker* untuk memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem yang sehat.

Pada tranformator daya salah satu pengaman utama yang terpasang adalah rele differential. Relai differensial adalah komponen sistem proteksi utama dalam mengamankan tranformator tenaga dari gangguan internal yang bekerja bila ada perbedaan vektor dari

dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan [4].

Prinsip kerja dari rele deferensial adalah membandingkan arus masuk dan arus keluar, sehingga saat gangguan internal terjadi dan adanya perbedaan nilai arus masuk dan keluar sehingga akan timbul nilai arus deferensial yang membuat rele akan bekerja [2]. pada relai differensial terdapat sebuah kumparan penahan (*restrain*) yang berfungsi untuk menahan relai agar tidak bekerja saat terjadi gangguan eksternal. arus differensial dan arus restrain adalah dua nilai arus penting yang

dimiliki relai differensial sehingga kebenaran prinsip kerja relai dibuktikan fungsinya dengan cara mensimulasikan gangguan internal dan eksternal.

Berdasarkan hasil pembahasan, tulisan ini akan menampilkan instalasi relai differensial tipe MBCH 12 (ALSTOM) sebagai proteksi utama transformator tenaga, yang dilanjutkan dengan proses setting relai, dan proses simulasi gangguan internal dan eksternal dengan tujuan mengetahui karakteristik dan prinsip kerja ideal dari relai differensial.

## 2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

### 2.1 Relai Differensial Bias

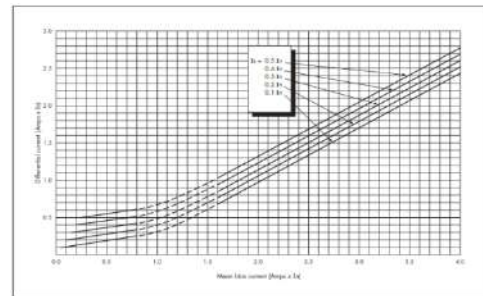
Relai differensial memiliki prinsip kerja secara bias. Relai ini memiliki dua nilai parameter yang menjadi acuan dalam penentuan karakteristik ideal relai. saat bekerja dalam kondisi tidak ada gangguan (normal) pada daerah proteksinya masih memungkinkan adanya arus tak seimbang (unbalance current) yang menyebabkan relai bekerja. Untuk mengatasinya maka pada relai differensial ditambahkan sebuah kumparan yang menahan. Kumparan ini disebut kumparan penahan (*restrain coil*). Relai differensial juga memiliki kumparan yang mengerjakan relai (*operating coil*). Koil operasi (*operating coil*) dialiri arus limpahan sedangkan koil penahan dialiri oleh arus terus (*through current*). Relai differensial bias akan bekerja apabila gaya output dari koil penahan lebih kecil dibandingkan gaya output dari koil operasi.[3]

### 2.2 Relai Differensial Bias MBCH 12 (ALSTOM)

Relai differensial tipe MBCH 12 (ALSTOM) ini adalah relai differensial yang bekerja dengan kecepatan tinggi dalam melindungi gangguan dua atau lebih belitan tranformator daya, MBCH 12 adalah relai differensial dengan impedansi tinggi sehingga dapat melindungi reactor, motor, dan generator. Relai satu fasa independen yang cocok untuk skema proteksi transformator satu atau tiga fasa. Waktu pengoperasian yang cepat, yaitu 5 ms hingga 25 ms. Karakteristik pengendalian bias persentase kemiringan ganda dengan pengaturan ambang batas dasar yang dapat disesuaikan dari 10% hingga 50%  $I_n$ , dapat dipilih dalam 10% Langkah. Stabilitas tinggi selama melalui kesalahan kondisi saturasi CT dan ketidakseimbangan rasio CT hingga 20%.

Pengekangan arus masuk magnetisasi atas pengekangan eksitasi (*over-fluxing*). Dua kontak tersandung change-over yang terisolasi ditambah satu kontak alarm penguncian yang biasanya terbuka. Elemen fase individu dapat saling berhubungan untuk memberikan enam perubahan terisolasi selama kontak tersandung untuk skema tiga fase. Indikasi kesalahan dioda pemancar cahaya (led)

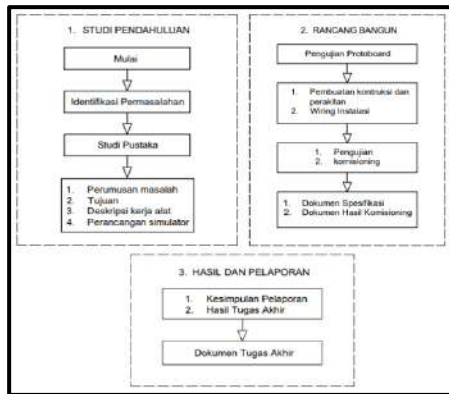
### 2.3 Karakteristik



Gambar 1. Karakteristik Ideal Relai Differensial MBCH 12

Dalam karakteristik relai differensial terdapat 2 buah persen slope. Slope1 adalah setting untuk menentukan titik keadaan normal (tidak ada gangguan) yang menunjukkan relai differensial tersebut mulai bekerja (*pick up*), slope1 menjadi parameter penentu kapan relai differensial tersebut bekerja. Slope2 adalah setting yang digunakan untuk merasakan gangguan eksternal. Nilai Slope2 digunakan untuk mengetahui gangguan eksternal atau gangguan yang terjadi di luar daerah pengaman (Diluar zona proteksi relai differensial. Ketika gangguan eksternal terjadi, nilai arus yang melewati transformator akan ditransformasikan oleh CT agar nilai arus yang melewati sama besar pada setiap sisi transformator. Pengaruh adanya kesalahan (error) yang harus dikompensasi dalam menentukan seting kecuraman (persen slope) yaitu kesalahan sadapan 10%, kesalahan rasio CT 10%, mismatch 5%, arus eksitasi 1%, dan faktor keamanan 5%. Berdasarkan nilai parameter yang ada di atas, maka penyetingan kecuraman slope 1 adalah  $(25\% - 35\%) \times I_n$  dan slope 2 adalah  $(50\% - 80\%) \times I_n$  [3].

## 2.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tugas akhir ini secara garis besar terdiri dari tiga tahapan, yaitu studi pendahuluan, rancang bangun, hasil dan pelaporan. Setiap garis besar penelitian dibagi lagi menjadi beberapa bagian.

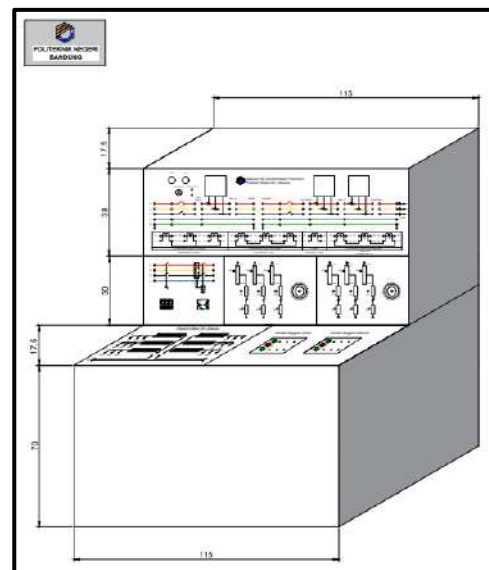
1. Studi pendahuluan, dilakukan sebuah identifikasi permasalahan, studi pustaka, perumusan masalah hasil kajian sebagai dasar dibuat deskripsi kerja alat dan perancangan simulator
2. Rancang bangun, dilakukan sebuah pengujian protoboard untuk pengaturan parameter, selanjutnya dilakukan pembuatan konstruksi, perakitan, dan pengawatan alat. Pengujian dan komisioning dilakukan pada rele proteksi untuk memastikan kinerja rele. dihasilkan sebuah dokumentasi spesifikasi dan hasil komisioning
3. Hasil dan Pelaporan, didapatkan kesimpulan pelaporan dan hasil tugas akhir terkait. Yang selanjutnya akan disatukan dalam sebuah dokumen atau laporan tugas akhir.

## 2.5 Deskripsi Kerja Alat

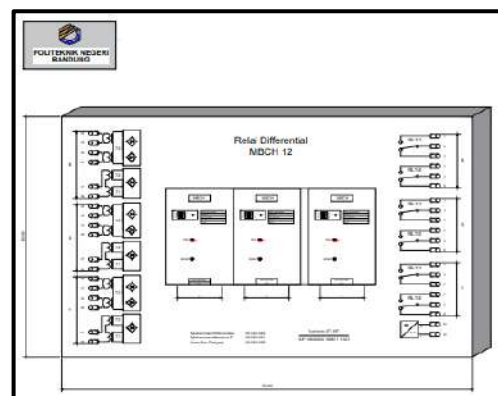
Tugas akhir ini akan merancang instalasi rele differensial tipe MBCH 12 (ALSTOM) dan merancang simulator sistem proteksi tranformator tenaga sebagai wadah dilakukannya pengujian. Akan dilakukan sebuah pengujian untuk mendapatkan data yang akan digunakan sebagai referensi dilakukannya sebuah pembahasan yang menghasilkan sebuah karakteristik dan setting rele differensial. Dilakukan sebuah simulasi gangguan internal dan eksternal pada simulator proteksi tranformator tenaga yang sudah diproteksi oleh rele differensial,

terdapat tiga cakupan yang harus dicapai. pertama, saat simulator proteksi tranformator tenaga bekerja tanpa ada gangguan (normal) maka rele differensial harus tidak memberikan perintah *circuit breaker* untuk bekerja. Kedua, saat simulasi gangguan internal dilakukan rele differensial harus memeberikan perintah secara cepat kepada *circuit breaker* untuk bekerja. Ketiga, saat simulasi gangguan eksternal dilakukan rele differensial harus tidak memberikan perintah kepada *circuit breaker* untuk bekerja.

## 2.6 Rancangan Konstruksi

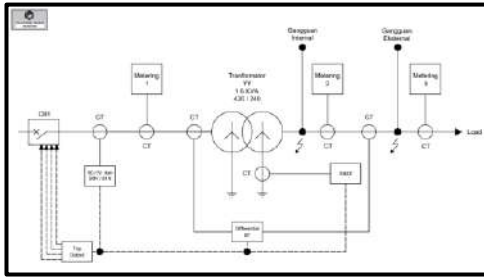


Gambar 4. Rancangan Kontruksi Simulator



Gambar 5. Kontruksi Box Relai Differensial MBCH 12

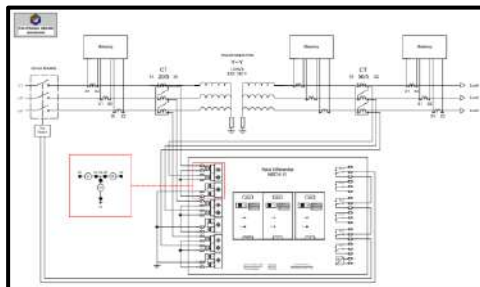
## 2.7 Rancangan Fungsional Simulator



Gambar 3. Rancang Fungsional Simulator

Perancangan simulator terdiri dari simulator koordinasi proteksi transformator yang di proteksi oleh empat buah relai. Yaitu relai differensial, OCR, GFR, dan SBEF. Berdasarkan fokus maka relai differensial yang digunakan sebagai proteksi utama transformator tenaga terhadap gangguan internal dan gangguan eksternal.

## 2.8 Rancangan Proteksi Relai Differensial MBCH 12



Gambar 6. Pengawatan Relai Differensial pada MBCH 12

Relai differensial MBCH 12 memiliki 6 terminal utama yang dihubungkan pada CT simulator. Terminal 25 akan dihubungkan pada CT sisi primer, terminal 23 akan dihubungkan pada CT sisi sekunder, terminal 24, 26, 28 akan dihubungkan satu sama lain (jumper), dan terminal 27 dihubungkan ke ground. Hubungan ini akan menghasilkan looping yang membuat relai bekerja berdasarkan prinsip kerjanya [1].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan Matematis

Perhitungan matematis dilakukan untuk mendapatkan nilai arus setting relai differensial. Pada simulator menggunakan CT dengan rasio 20/5 pada sisi primer dan 50/5 pada sisi sekunder. Transformator tenaga yang

digunakan dengan hubungan bintang – bintang, kapasitas 1,5 KVA, dan rasio tegangan 380/220 (L-L). besar arus primer yang digunakan sebesar 0,1 A (Primer) dan 1 A (Sekunder)

#### 3.1.1 Error Mismatch (Primer) :

$$\frac{CT2}{CT1} = \frac{V1}{V2} \quad (1)$$

$$CT1(Ideal) = CT2 \times \frac{V2}{V1}$$

$$CT1(Ideal) = \frac{50}{5} \times \frac{220}{380}$$

$$CT1(Ideal) = 5,78$$

$$Error\ mismatch = \frac{CT\ Ideal}{CT\ terpasang} \times 100\% \quad (2)$$

$$Error\ mismatch = \frac{5,78}{50} \times 100\%$$

$$Error\ mismatch = 3\%$$

#### 3.1.2 Error Mismatch (Sekunder) :

$$\frac{CT2}{CT1} = \frac{V1}{V2}$$

$$CT1(Ideal) = CT2 \times \frac{V1}{V2}$$

$$CT1(Ideal) = \frac{20}{5} \times \frac{380}{220}$$

$$CT1(Ideal) = 6,9$$

$$Error\ mismatch = \frac{CT\ Ideal}{CT\ terpasang} \times 100\%$$

$$Error\ mismatch = \frac{6,9}{50} \times 100\%$$

$$Error\ mismatch = 14\%$$

#### 3.1.3 Arus Sekunder Dan Pilot CT (Primer):

$$I_{sekunder} = \frac{1}{Rasio\ CT} \times I_n \quad (3)$$

$$I_{sekunder} = \frac{1}{20} \times 0,7$$

$$I_{sekunder} (I1) = 0,175\ A$$

$$IP1 = I1 \times \sqrt{3} \quad (4)$$

$$IP1 = 0,175 \times \sqrt{3}$$

$$IP1 = 0,3\ A$$

#### 3.1.4 Arus Sekunder Dan Pilot CT (Sekunder)

$$I_{sekunder} = \frac{1}{Rasio\ CT} \times I_n \quad (5)$$

$$I_{sekunder} = \frac{1}{50} \times 0,1$$

$$I_{sekunder} (I2) = 0,1\ A$$

$$IP2 = I2 \times \sqrt{3} \quad (6)$$

$$IP1 = 0,1 \times \sqrt{3}$$

$$IP2 = 0,17 \text{ A}$$

### 3.1.5 Arus Differensial

$$I_{diff} = |IP2 - IP1| \quad (7)$$

$$I_{diff} = |0,17 - 0,3|$$

$$I_{diff} = 0,13 \text{ A}$$

### 3.1.6 Arus Restrain

$$Ir = \frac{IP1 + IP2}{2} \quad (8)$$

$$Ir = \frac{0,3 + 0,17}{2}$$

$$Ir = 0,235 \text{ A}$$

### 3.1.7 Slope 1

$$Slope 1 = \frac{I_{diff}}{Ir} \times 100\% \quad (9)$$

$$Slope 1 = \frac{0,13}{0,235} \times 100\%$$

$$Slope 1 = 55\%$$

### 3.1.8 Slope 2

$$Slope 2 = \left( \frac{I_{diff}}{Ir} \times 2 \right) \times 100\% \quad (10)$$

$$Slope 2 = \left( \frac{0,13}{0,235} \times 2 \right) \times 100\%$$

$$Slope 2 = 110\%$$

### 3.1.9 Arus Setting (Iset 1)

$$Iset1 = Slope1 \times Ir$$

$$(11)$$

$$Iset1 = 55\% \times 0,235$$

$$Iset1 = 0,55 \times 0,235$$

$$Iset1 = 0,13 \text{ A (Setting } 0,2In)$$

### 3.1.10 Arus Setting (Iset 2)

$$Iset2 = Slope2 \times Ir$$

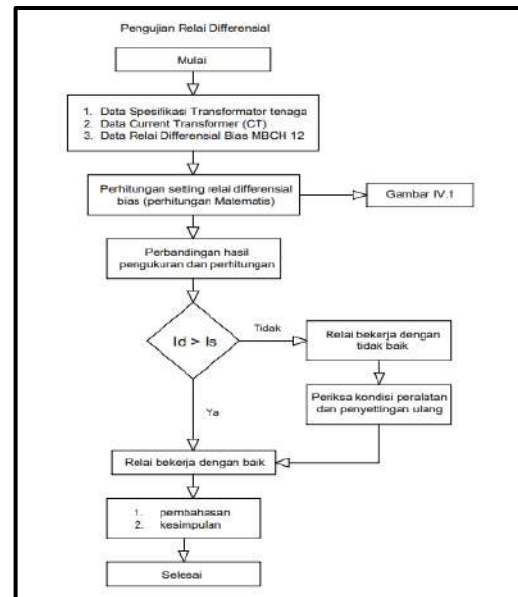
$$(12)$$

$$Iset2 = 110\% \times 0,235$$

$$Iset2 = 1,1 \times 0,235$$

$$Iset2 = 0,258 \text{ A (Setting } 0,3In)$$

## 3.2 Pengujian Relai Differensial



Gambar 7. Diagram Alir Pengujian Relai Differensial

Pengujian rela differensial dilakukan untuk mendapatkan nilai setting sebenarnya dari relai saat dilakukan pengujian simulasi gangguan. Hasil pengujian akan dibandingkan dengan hasil perhitungan untuk mengetahui keadaan dan keandalan kerja dari relai differensial berdasarkan karakteristik idelanya.

### 3.2.1 Hasil Pengujian Relai Differensial

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kondisi Normal

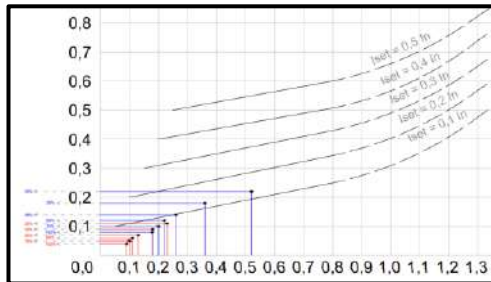
| Pengukuran (Kondisi Normal) |        |        |              |              |
|-----------------------------|--------|--------|--------------|--------------|
| Beban Resistor              | Iset 1 | Iset 2 | Iset nyata 1 | Iset nyata 2 |
| 20 (%)                      | 0,13   | 0,26   | 0,2          | 0,3          |

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kondisi Normal

| Pengukuran (Kondisi Normal) |        |        |              |              |
|-----------------------------|--------|--------|--------------|--------------|
| Beban Resistor              | Iset 1 | Iset 2 | Iset nyata 1 | Iset nyata 2 |
| 20 %                        | 0,11   | 0,22   | 0,2          | 0,3          |

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa asrus setting 1 sebesar 2In dan arus setting 2 sebesar 3In. Berdasarkan hasil pengujian saat kondisi normal, hasil perbandingan arus setting antara perhitungan dengan pengukuran bernilai

sama. Dan fungsi relai differensial untuk menahan arus gangguan eksternal menghasilkan gambaran yang sesuai saat dibandingkan dengan karakteristik idela relai



Gambar 8. Hasil Karakteristik Ideal (Kondisi Normal)

Berdasarkan grafik karakteristik bahwa arus setting tertinggi berdasarkan karakteristik terletak pada 0,2 In. berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai setting tertinggi sebesar 0,3 In. sehingga digunakan setting tertinggi dengan tujuan relai tidak bekerja saat kondisi normal dan gangguan eksternal.

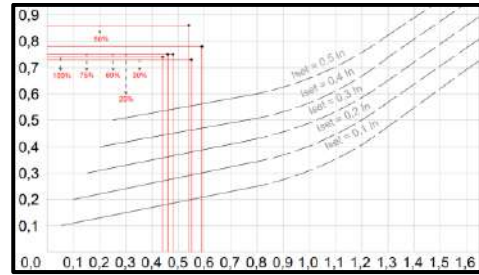
Tabel 3. Hasil Pengukuran Kondisi Gangguan Internal

| Perhitungan (Kondisi Gangguan Internal) |        |        |              |              |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------------|--------------|
| Beban Resistor                          | Iset 1 | Iset 2 | Iset nyata 1 | Iset nyata 2 |
| 20 %                                    | 0,87   | -      | 0,2          | 0,3          |

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kondisi Gangguan Internal

| Pengukuran (Kondisi Gangguan Internal) |        |        |              |              |
|----------------------------------------|--------|--------|--------------|--------------|
| Beban Resistor                         | Iset 1 | Iset 2 | Iset nyata 1 | Iset nyata 2 |
| 20 %                                   | 0,78   | -      | 0,2          | 0,3          |

Berdasarkan hasil pengujian saat kondisi gangguan internal, hasil perbandingan arus setting antara perhitungan dengan pengukuran memiliki sedikit perbedaan. Namun dihasilkan bahwa besar perbedaan arus saat gangguan internal berada diatas setting tertinggi (menghasilkan selisih arus yang besar). Sehingga relai akan bekerja dengan cepat saat gangguan internal terjadi.



Gambar 9. Karakteristik Ideal (Gangguan Internal)

Berdasarkan grafik karakteristik dihasilkan bahwa titik gangguan internal terletak di daerah kerja relai differensial. Titik gangguan berada diatas setting tertinggi relai differensial (0,5). Sehingga meskipun relai di setting pada 0,5, maka relai akan tetap bekerja.

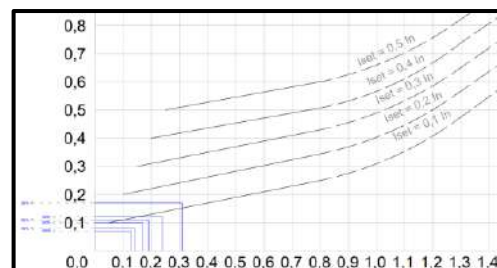
Tabel 5. Hasil Perhitungan Kondisi Gangguan Eksternal

| Pengukuran (Kondisi Gangguan Eksternal) |        |        |              |              |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------------|--------------|
| Beban Resistor                          | Iset 1 | Iset 2 | Iset nyata 1 | Iset nyata 2 |
| 20 %                                    | 0,19   | -      | 0,2          | 0,3          |

Tabel 6. Hasil Pengukuran Kondisi Eksternal

| Pengukuran (Kondisi Gangguan Eksternal) |        |        |              |              |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------------|--------------|
| Beban Resistor                          | Iset 1 | Iset 2 | Iset nyata 1 | Iset nyata 2 |
| 20 %                                    | 0,18   | -      | 0,2          | 0,3          |

Berdasarkan hasil pengujian saat kondisi gangguan internal, hasil perbandingan arus setting antara perhitungan dengan pengukuran memiliki sedikit perbedaan. Namun besar setting tertinggi terletak pada 0,3 In. dan gangguan eksternal terletak pada titik 0,2 In. sehingga relai tidak akan bekerja saat gangguan eksternal terjadi.



Gambar 10. Karakteristik Ideal (Kondisi Gangguan Eksternal)

Berdasarkan grafik karakteristik dihasilkan bahwa titik gangguan eksternal terbesar terletak pada 0,2 In. setting tertinggi yang dilakukan berdasarkan perhitungan dan pengukuran terletak pada 0,3 In. sehingga relai tidak akan bekerja saat gangguan eksternal terjadi.

Saat gangguan eksternal terjadi, perbandingan nilai arus sisi primer dan sekunder bernilai sama, atau bisa disebut bahwa hasil arus yang dihasilkan CT yang menuju relai memiliki nilai perbandingan yang sama saat kondisi normal. Sehingga semakin besar gangguan eksternal maka besar arus restrain akan ikut membesar, sehingga arus akan ditahan oleh kumparan penahan sehingga relai tidak bekerja saat gangguan eksternal terjadi. Pengujian yang dilakukan pada simulator menggunakan arus gangguan eksternal yang kecil hal ini dikarenakan penggunaan rasio CT yang tidak ideal. Pemilihan rasio CT diharuskan memiliki nilai perbandingan antara CT terpasang dengan CT ideal (perhitungan) bernilai selisih sedikit atau sama, dan memiliki nilai eror mismatch yang dibawah 5%. Dengan penggunaan CT ideal maka sebesar apapun arus gangguan eksternal maka relai differensial tidak akan bekerja. dan bekerja sangat cepat saat gangguan internal terjadi. pada tugas akhir ini bukan hanya membahas setting dan kinerja dari relai differensial saja namun membahas juga tentang cara pemilihan CT yang ideal agar prinsip kerja dari relai differensial dapat bekerja dengan seharusnya dan menganalisis maksud dari kumparan penahan relai differensial yang mengharuskan bekerja untuk menahan besarnya arus gangguan eksternal agar relai tidak bekerja.

#### 4 KESIMPULAN

Relai differensial tipe MBCH 12 memiliki prinsip kerja bias (differensial Bias). Differensial bias memiliki dua nilai parameter ( $I_d$  dan  $I_r$ ) yang digunakan sebagai dasar penentuan karakteristik ideal. Perancangan dan perakitan alat tugas akhir terdiri dari perancangan desain konstruksi dan instalasi relai differensial tipe MBCH 12 (ALSTOM) dan simulator koordinasi proteksi transformator tenaga. Besar arus beban yang digunakan pada simulator sebesar 0,7 A pada sisi primer dan 1 A pada sisi sekunder. Rasio

CT yang digunakan sebesar 20/5 (primer) dan rasio CT 50/5 (sekunder) dengan hubungan delta-delta. Hasil perhitungan dihasilkan bahwa nilai  $I_{set1}$  adalah 0,2 In dan nilai  $I_{set2}$  adalah 0,3 In sehingga pemilihan setting digunakan sebesar 3 In (30%). Relai differensial yang digunakan pada simulator menampilkan kinerja yang baik saat dilakukan pengujian simulasi gangguan internal dan eksternal. Relai bekerja ketika terjadi gangguan internal dengan waktu 5 – 25 ms, dan relai tidak bekerja ketika terjadi gangguan eksternal. CT yang digunakan pada simulator menghasilkan nilai perbedaan antara CT yang terpasang dengan CT ideal yang harus digunakan. CT yang digunakan pada simulator tidak ideal. Sehingga pada simulator gangguan eksternal disimulasikan dengan arus gangguan yang kecil. dengan tujuan agar membuktikan apakah relai differensial memiliki kumparan penahan yang dapat menahan gangguan eksternal. kesalahan yang terjadi pada alat tugas akhir ini sehingga dilakukannya penyesuaian, sehingga untuk pengembangan alat selanjutnya disarankan untuk menggunakan spesifikasi CT yang ideal dengan tujuan agar relai differensial dapat bekerja sesuai dengan prinsip kerjanya yaitu bekerja dengan cepat saat gangguan internal terjadi dan tidak bekerja saat terdapat gangguan eksternal sebesar apapun.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui wakil Direktur Akademik atas bantuan pendanaan penyusunan tugas akhir kelompok A1.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.Eko, Kartono. "Pengujian Individu Relai Diferensial Tipe Mbch 12 Dengan Alat Uji Omicron Cmc 356 Dan Tpr 22cv" Jurnal ilmiah Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2016.
- [2] A.Muhammad "ANALISA Penggunaan Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya Gardu Induk Paya Pasir (Pt. Pln Persero)" Diss. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.
- [3] Ilhamdi "Kajian Sistem Proteksi Pada Transformator V 150 Kv Dengan Menggunakan Relai Diferensial Di Gardu Induk Indarung V Pada Pt. Semen

Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar  
Bandung, 13-14 Juli 2022

Padang, ” Diss. INSTITUT TEKNOLOGI  
PLN, 2021.

dan Gardu Induk Jawa Bali,’ 1<sup>st</sup> edPT  
PLN Persero, (2013)

- [4] Karyono, ‘Buku Pedoman dan  
Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi