

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data yang Diperoleh

Pada pembahasan kali ini, penelitian dilaksanakan di Gardu Induk Kentungan milik PT. PLN (Persero). Penelitian yang dimaksud yaitu tentang sistem proteksi utama pada sebuah transformator daya dengan rele diferensial. Dalam pembahasan ini membahas tentang identifikasi dan analisis setting rele diferensial berdasarkan teori yang ada, serta menyimulasikan teori tersebut ke dalam *software* ETAP 12.6. guna membahas tentang keandalan dari *default setting* yang di tetapkan GI dengan membandingkan data *setting* perhitungan, di bawah ini data yang telah didapatkan:

#### 4.1.1. Data Sheet Transformator

Berikut ini ialah spesifikasi data transformator daya IV 60 MVA di Gardu Induk Kentungan yang ditampilkan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Data Sheet Transformator Daya IV

Merk	<b>UNINDO - ALSTOM</b>
Tipe	<b>OUTDOOR - CONTINUOUS SERVICE</b>
Kapasitas	<b>36 / 60 MVA</b>
Sistem Pendingin	<b>ONAN / ONAF</b>
Temperature Rise	<b>OIL 50 K</b>
Belitan	<b>55 K</b>
Tegangan Primer	<b>150 KV</b>
Tegangan Sekunder	<b>20 KV</b>
Frekuensi	<b>50 Hz</b>
Impedansi	<b>12,50%</b>

Tabel 4.1. merupakan data sheet transformator daya IV tiga fasa merk UNINDO - ALSTOM tipe *Outdoor - Continuous Service* yang digunakan di Gardu Induk Kentungan. Jenis sistem pendingin yang digunakan yaitu oil natural air natural (ONAN) yang memiliki kapasitas daya 36 / 60 MVA. Pada saat beroperasi kenaikan suhu tidak boleh melebihi standar untuk minyak  $50^{\circ}$  K dan belitan  $55^{\circ}$  K kapasitas tersebut didasari oleh jenis sistem pendingin yang digunakan, yaitu ONAN / ONAF *in over load*. Transformator daya ini memiliki tegangan primer 150 kV yang kemudian diturunkan menjadi tegangan 20 kV dengan frekuensi standar yaitu 50 Hz serta Impedansi 12,5 %.

#### 4.1.2. Data Sheet Rele Diferensial

Berikut ini adalah data *sheet setting* aktual rele diferensial transformator daya IV dan data kapasitas tranformator IV di Gardu Induk Kentungan yang ditampilkan pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Data Sheet Setting Aktual Rele Diferensial

Setting rele diferensial	<b>0,3 A</b>
Rasio CT primer	<b>300/5</b>
Rasio CT sekunder	<b>2000/5</b>

Tabel 4.2. merupakan data *sheet setting* rele diferensial transformator daya 36 / 60 MVA dengan *setting* aktual rele 0,3 A. Ratio CT, rasio CT merupakan spesifikasi dasar yang harus ada pada CT, dimana representasi nilai arus yang ada di lapangan di hitung dari besarnya rasio CT. Misal CT dengan rasio 2000/5 A, nilai yang terukur di skunder CT adalah 2.5 A, maka nilai aktual arus yang mengalir di penghantar adalah 1000A. Kesalahan rasio ataupun besarnya presentasi error (%err.) dapat berdampak pada besarnya kesalahan pembacaan di alat ukur, kesalahan penghitungan tarif, dan kesalahan operasi sistem proteksi.

**Tabel 4.3.** Data Sheet Kapasitas Transformator Daya

	HIGHT VOLTAGE	LOW VOLTAGE	TERTIARY VOLTAGE
Rated Power in MVA (ONAN/ONAF)	36/60	36/60	12/20
Rated Voltage in kV	150	20	10
Rated Current in A (ONAN/ONAF)	138,6/230,9	1039,2/1732,1	$400,0\sqrt{3}/666,7\sqrt{3}$
Line In	1U 1V 1W	2U 2V 2W	3U1 3W2
Neutral In	1N	2N	-

Tabel 4.3. merupakan tampilan dari kapasitas berdasarkan tegangan primer, tegangan sekunder, dan tegangan tersier transformator daya IV 60 MVA GI Kentungan.

## 4.2. Perhitungan Matematis

Perhitungan matematis yaitu perhitungan secara teori berdasarkan data yang didapat untuk menentukan besarnya arus nominal dan arus rating yang kemudian digunakan untuk menghitung rasio CT, *error mismatch*, arus diferensial, arus *restrain*, *percent slope (setting* kecurangan) dan menentukan arus *setting* rele diferensial. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan arus yang keluar CT pada saat terjadi hubung singkat pada transformator daya.

### 4.2.1. Perhitungan rasio CT

Berdasarkan teori BAB II tentang rumus perhitungan rasio CT, jadi persamaan (2.1.) tentang perhitungan arus nominal, sedangkan berdasarkan persamaan (2.2.) tentang perhitungan arus rating, maka perhitungan berdasarkan persamaan tersebut yaitu:

Arus nominal di sisi tegangan 150 kV

$$I_{\text{nominal}} = \frac{36.000.000}{\sqrt{3} \times 150.000}$$

$$I_n = \mathbf{138,6 \text{ A}}$$

$$I_{\text{rat}} = 110\% \times 138,6 \text{ A}$$

$$I_{\text{rat}} = \mathbf{152,46 \text{ A}}$$

Arus nominal di sisi tegangan 20 kV

$$I_{\text{nominal}} = \frac{36.000.000}{\sqrt{3} \times 20.000}$$

$$I_n = \mathbf{1039,2 \text{ A}}$$

$$I_{\text{rat}} = 110\% \times 1039,2 \text{ A}$$

$$I_{\text{rat}} = \mathbf{1143,12 \text{ A}}$$

Perhitungan arus nominal yang mengalir pada transformator daya sisi tegangan 150 kV sebesar 138,6 A dan arus rating sebesar 152,46 A, sedangkan pada sisi tegangan 20 kV sebesar 1039,2 A dan arus rating sebesar 1143,12 A.

Berdasarkan hasil perhitungan maka pada sisi tegangan 150 kV menggunakan rasio CT 300:5, sedangkan pada sisi tegangan 20 kV menggunakan rasio CT 2000:5. Rasio yang dipilih menunjukkan apabila pada sisi tegangan 150 kV mengalir arus sebesar 300 A maka pada CT tersebut terbaca 5 A. Hal ini berlaku juga pada CT pada sisi tegangan 20 kV. Rasio CT yang dipilih adalah 300 A dan 2000 A, hal itu dikarenakan angka tersebut mendekati nilai arus rating, dimana rasio CT tersebut ada di pasaran. Dari perhitungan dapat disimpulkan bahwa rasio CT pada sisi tegangan 150 kV dan sisi tegangan 20 kV yang terpasang di GI sudah sesuai dengan hasil dalam perhitungan arus rating.

#### 4.2.2. Error Mismatch

*Error mismatch* merupakan kesalahan-kesalahan dalam pembacaan perbedaan arus pada sisi tegangan 150 kV dan di sisi 20 kV transformator daya serta pergeseran fasa di transformator daya tersebut. Cara menghitung besarnya arus *mismatch* yaitu dengan membandingkan rasio CT ideal dengan CT yang terdapat di pasaran, untuk ketentuan *error* maksimal yaitu 5% dari rasio CT yang dipilih. Berdasarkan BAB II tentang rumus perhitungan error mismatch, jadi perhitungan ini menggunakan persamaan (2.3.) sedangkan untuk perhitungan CT (ideal) menggunakan persamaan (2.4.). Berikut ini adalah perhitungannya:

Perhitungan *Error Mismatch* sisi tegangan 150 kV

$$CT_1(\text{Ideal}) = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1}$$

$$CT_1(\text{Ideal}) = 2000 \times \frac{20}{150}$$

$$CT_1(\text{Ideal}) = \mathbf{266,6 \text{ A}}$$

$$\text{Error Mismatch} = \frac{266,6}{300} \%$$

$$\text{Error Mismatch} = \mathbf{0,9 \%$$

Perhitungan *Error Mismatch* sisi tegangan 20 kV

$$CT_2(\text{Ideal}) = CT_1 \times \frac{V_1}{V_2}$$

$$CT_2(\text{Ideal}) = 300 \times \frac{150}{20}$$

$$CT_2(\text{Ideal}) = \mathbf{2250 \text{ A}}$$

$$\text{Error Mismatch} = \frac{2250}{2000} \%$$

$$\text{Error Mismatch} = \mathbf{1,125 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan berdasarkan persamaan (2.3.) dan (2.4.) yang telah dilakukan, maka untuk nilai CT<sub>1</sub> ideal adalah 266,6 A dengan *error mismatch* sebesar 0,9 %, sedangkan untuk nilai CT<sub>2</sub> ideal adalah 2250 A dengan *error mismatch* sebesar 1,125 %. Untuk nilai selisih trafo arus ideal dan trafo arus terpasang pada sisi tegangan 150 kV sebesar 33,4 A dan pada sisi tegangan 20 kV sebesar 750 A. Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa error mismatch pada GI masih dalam zona aman karena tidak melebihi batas maksimum 5%

#### 4.2.3. Arus Sekunder CT

Arus Sekunder CT adalah arus yang terbaca oleh CT, mempunyai perhitungan berdasarkan teori BAB II dengan persamaan (2.5.) maka perhitungan tersebut yaitu:

Perhitungan arus sekunder CT:

Sisi tegangan 150 kV

$$I_{\text{sek}} = \frac{5}{300} \times 138,6 \text{ A}$$

$$I_{\text{sek}} = \mathbf{2,31 \text{ A}}$$

Sisi tegangan 20 kV

$$I_{\text{sek}} = \frac{5}{2000} \times 1039,2 \text{ A}$$

$$I_{\text{sek}} = \mathbf{2,598 \text{ A}}$$

Hasil perhitungan arus sekunder CT di sisi tegangan 150 kV sebesar 2,31 A sedangkan di sisi tegangan 20 kV sebesar 2,598 A.

#### 4.2.4. Arus Diferensial

Arus diferensial adalah selisih arus sekunder transformator daya di sisi tegangan 150 kV dan di sisi tegangan 20 kV. Rumus perhitungan arus diferensial berdasarkan teori BAB II dengan persamaan (2.6.) maka perhitungan arus diferensial sebagai berikut:

$$I_{\text{dif}} = 2,598 \text{ A} - 2,31 \text{ A}$$

$$I_{\text{dif}} = \mathbf{0,29 \text{ A}}$$

Hasil perhitungan arus diferensial sebesar 0,29 A. Hasil perhitungan tersebut akan menjadi perbandingan dengan arus *setting* rele diferensial.

#### 4.2.5. Arus *Restrain*

Perhitungan arus *restrain* (penahan) yaitu jumlah dari arus sekunder CT ( $I_1$  dan  $I_2$ ) kemudian dibagi 2, berdasarkan teori BAB II maka rumus arus *restrain* menggunakan persamaan (2.7.) dengan perhitungan sebagai berikut:

Perhitungan arus *restrain*:

$$I_r = \frac{2,598 \text{ A} + 2,31 \text{ A}}{2}$$

$$I_r = \mathbf{2,45 \text{ A}}$$

Hasil dari perhitungan arus *restrain* sebesar 2,45 A. Pada saat arus diferensial naik akibat perubahan rasio di sisi tegangan 150 kV dan di sisi tegangan 20 kV maka arus *restrain* tersebut juga akan naik. Hal tersebut berguna agar rele diferensial tidak bekerja sebab bukan merupakan gangguan.

#### 4.2.6. Percent Slope (setting kecuraman)

Perhitungan *slope* membagi antara arus diferensial dengan arus *restrain*.  $Slope_1$  dapat ditentukan dengan arus diferensial dan arus *restrain* saat kondisi normal atau tidak ada gangguan dan bertugas mengenali gangguan internal yang arus gangguannya kecil untuk memastikan sensitifitas rele, sedangkan untuk  $slope_2$  mengenali gangguan eksternal dengan arus gangguan yang besar. Maka setting  $slope_2$  dibuat lebih tinggi daripada  $slope_1$ . Berdasarkan teori BAB II maka perhitungan %  $slope_1$  menggunakan persamaan (2.8.) sedangkan perhitungan %  $slope_2$  menggunakan persamaan (2.9.) maka didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$slope_1 = \frac{0,29 A}{2,45 A} \times 100\%$$

$$slope_1 = \mathbf{11,8 \%}$$

$$slope_2 = \left( \frac{0,29 A}{2,45 A} \times 2 \right) \times 100\%$$

$$slope_2 = \mathbf{23,6 \%}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada  $slope_1$  sebesar 11,8 % dan  $slope_2$  sebesar 23,6 %.

#### 4.2.7. Perhitungan Arus Setting

Arus setting yaitu mengalikan antara arus *restrain* dan  $slope_1$  yang kemudian hasil tersebut yang akan menjadi perbandingan dengan arus diferensial. Berdasarkan teori BAB II dengan persamaan (2.10.) maka perhitungan arus *setting* sebagai berikut:

$$I_{set} = 11,8 \% \times 2,45 A$$

$$I_{\text{set}} = 0,29 \text{ A}$$

Hasil perhitungan arus setting yang diperoleh adalah 0,29 A sedangkan pada setting aktual rele diferensial sebesar 0,3 A. Jadi rele diferensial akan bekerja ketika nilai arus diferensial lebih besar dari pada *setting* rele aktual.

#### 4.2.8. Gangguan Pada Transformator Daya

Perhitungan gangguan transformator daya berdasarkan BAB II dengan persamaan (2.11). dan (2.12). maka perhitungan sebagai berikut:

Arus gangguan sebesar 5000 A pada sisi tegangan 150 kV

$$I_{f\text{relay}} = I_f \times CT_2$$

$$I_{f\text{relay}} = 5000 \text{ A} \times \frac{5}{2000}$$

$$I_{f\text{relay}} = 12,5 \text{ A}$$

$$I_{2\text{fault}} = \frac{I_{f\text{relay}}}{I_2}$$

$$I_{2\text{fault}} = \frac{12,5 \text{ A}}{4,33 \text{ A}}$$

$$I_{2\text{fault}} = 2,89 \text{ A}$$

$$I_d = I_{2\text{fault}} - I_1$$

$$I_d = 2,89 \text{ A} - 3,85 \text{ A}$$

$$I_d = -0,96 \text{ A}$$

Jadi ketika terdapat arus gangguan sebesar 5000 A pada tegangan 150 kV maka arus sekunder yang di hasilkan CT<sub>2</sub> sebesar 2,89 A dan arus diferensial sebesar -0,96 A, maka rele diferensial tidak akan bekerja karena tidak melebihi arus *setting* rele diferensial.

Arus Gangguan sebesar 7280 A pada sisi tegangan 150 kV

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

$$I_{frelay} = 7280 \text{ A} \times \frac{5}{2000}$$

$$I_{frelay} = 18,2 \text{ A}$$

$$I_{2fault} = \frac{I_{frelay}}{I_2}$$

$$I_{2fault} = \frac{18,2 \text{ A}}{4,33 \text{ A}}$$

$$I_{2fault} = 4,16 \text{ A}$$

$$I_d = I_{2fault} - I_1$$

$$I_d = 4,20 \text{ A} - 3,85 \text{ A}$$

$$I_d = 0,35 \text{ A}$$

Jadi ketika terdapat arus gangguan sebesar 780 A pada tegangan 150 kV maka arus sekunder yang di hasilkan CT<sub>2</sub> sebesar 4,16 A dan arus diferensial sebesar 0,35 A, maka rele diferensial akan bekerja karena melebihi arus *setting* rele diferensial.

### 4.3. Perbandingan Setting Rele Diferensial

Perhitungan yang dilakukan yaitu perbandingan setting aktual rele diferensial pada GI dengan setting rele difernsial berdasarkan perhitungan, berikut data perbandingan I<sub>set</sub> ditampilkan pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** Perbandingan Data *Setting* Rele Diferensial

Setting Aktual	Setting Perhitungan
I <sub>set</sub> 0,3 A	I <sub>set</sub> 0,29 A

Tabel 4.4. merupakan data perbandingan antara setting rele diferensial yang terpasang di transformator daya dengan data setting rele diferensial berdasarkan perhitungan matematis. Pengaplikasian rele diferensial pada Gardu Induk Kentungan dapat dilihat bahwa rele yang digunakan sesuai dengan apa yang diperhitungkan. Jadi ketika arus diferensial melebihi arus setting maka rele diferensial akan mengintrusikan kepada circuit breaker (CB) untuk memutuskan jaringan (tripping) karena sifat rele diferensial akan bekerja seketika tanpa harus koordinasi dengan rele sekitar sehingga waktu rele dapat dibuat secepat mungkin.

#### 4.3.1. Hasil pengujian Rele Diferensial

Pengujian rele diferensial dilakukan dengan cara menguji arus *pick up* yang ditampilkan pada tabel 4.5. apakah dalam keadaan normal atau tidak normal. Sedangkan untuk tabel 4.6. yaitu tabel karakteristik pengujian rele diferensial apakah data hasil pengujian sudah sesuai dengan syarat dari *setting* rele diferensial. Data diperoleh dari transformator daya IV 60 MVA di Gardu Induk Kentungan.

**Tabel 4.5.** Hasil Pick Up CT Sisi Tegangan 150 kV Dan 20 kV

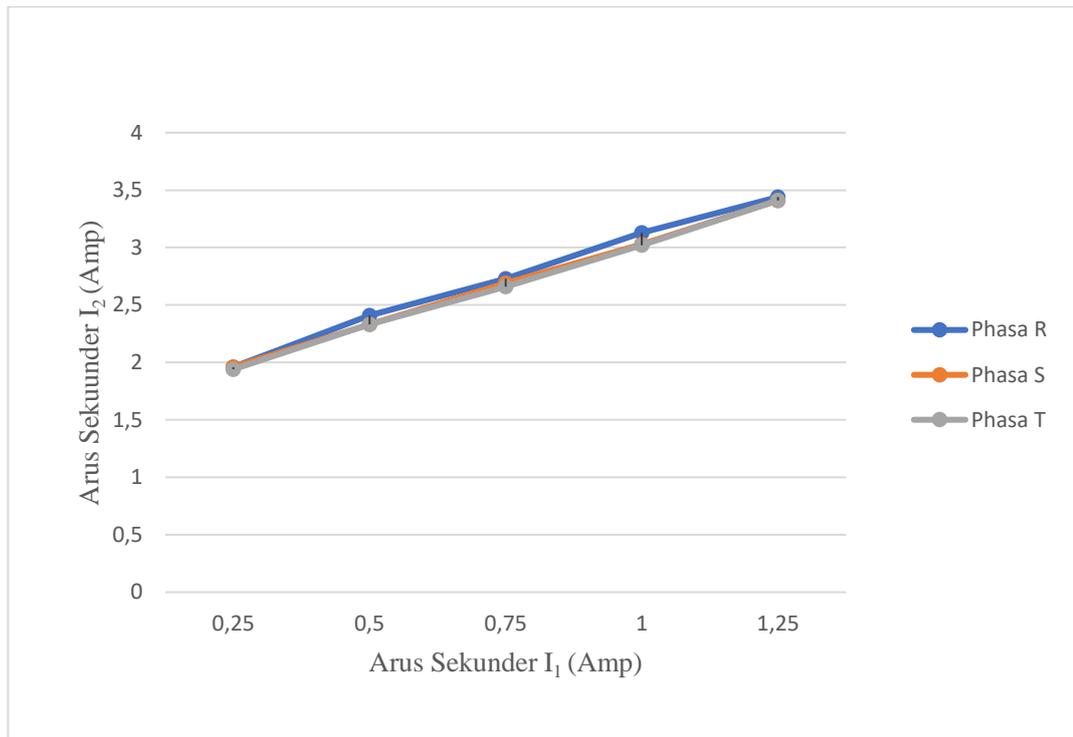
Variabel Persamaan	Tegangan Phase					
	R		S		T	
	150 kV	20 kV	150 kV	20 kV	150 kV	20 kV
I Pick up (A)	1,57	1,56	1,58	1,57	1,53	1,53
I Reset (A)	1,56	1,55	1,57	1,56	1,52	1,52
Waktu	0,093	0,029	0,057	0,065	0,068	0,058

Tabel 4.4. merupakan data arus *pick up* dari CT sisi 150 kV dan sisi 20 kV dengan pengambilan waktu yang berbeda, dengan phasa yang berbeda (phasa R, S, T) yang kemudian menghasilkan arus *pick up* yang mendekati sama di setiap phasa. Data tersebut merupakan data pengukuran dalam kondisi normal.

**Tabel 4.6.** Hasil Uji Karakteristik Rele Diferensial

<b>Phasa R</b>					
Parameter	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5
$I_1$ (A)	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
$I_2$ (A)	1,96	2,41	2,73	3,13	3,44
$I_h = (I_1 + I_2)/2$ (A)	1,10	1,48	1,74	2,065	2,345
$I_d = I_1 - I_2$ (A)	1,71	1,96	1,98	2,13	2,19
<b>Phasa S</b>					
Parameter	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5
$I_1$ (A)	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
$I_2$ (A)	1,96	2,33	2,69	3,04	3,41
$I_h = (I_1 + I_2)/2$ (A)	1,105	1,415	1,72	2,02	2,33
$I_d = I_1 - I_2$ (A)	1,71	1,83	1,94	2,04	2,16
<b>Phasa T</b>					
Parameter	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5
$I_1$ (A)	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
$I_2$ (A)	1,94	2,33	2,66	3,02	3,41
$I_h = (I_1 + I_2)/2$ (A)	1,095	1,415	1,705	2,01	2,33
$I_d = I_1 - I_2$ (A)	1,69	1,83	1,91	2,02	2,16

Tabel 4.4. merupakan hasil uji karakteristik rele diferensial pada setiap phasa (R, S, T) sebanyak 5 kali pengujian, dengan menaikkan potensio arus  $I_1$  di setiap uji maka hasil uji  $I_2$  akan semakin naik, hal tersebut disebabkan karena uji karakteristik relay harus menghasilkan arus diferensial sampai melewati setting arus rele diferensial yang kemudian akan memberi sinyal ke pemutus tenaga untuk mentriapkan jaringan. Grafik pengujian arus sekunder  $I_1$  dan  $I_2$  dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1.** Grafik Pengujian Arus Sekunder I<sub>1</sub> dan I<sub>2</sub>.

Grafik 4.1 menunjukkan perbandingan arus sekunder I<sub>1</sub> dan I<sub>2</sub> pada tiga fasa (R,S,T) dimana kenaikan I<sub>1</sub> akan diikuti dengan kenaikan I<sub>2</sub> sehingga I<sub>1</sub> berbanding lurus dengan I<sub>2</sub>. Pengujian karakteristik rele diferensial bertujuan untuk menguji kedua sisi dengan memberi ramping arus dan memperhatikan setiap perbedaan arus pada keadaan normal. Dari arus tersebut dapat menghitung arus diferensial (I<sub>dif</sub>) seperti berikut:

Arus sisi 150 kV = 0,25 A (rasio 300/5)

Arus sisi 20 kV = 1,96 A (rasio 2000/5),

$$I_{dif} = I_1 - I_2$$

$$I_{dif} = 0,25 \text{ A} - 1,96 \text{ A}$$

$$I_{dif} = 1,71 \text{ A}$$

Dari data dan hasil perhitungan arus diferensial pada phasa R di bagian uji 1 adalah 1,71 A. Dari hasil data tersebut karena rasio kedua CT adalah banding 5 (300/5 dan 2000/5) maka arus diferensial akan dibagi 5.

$$I_{\text{dif}}(\text{phasa R}) = 1,71 \text{ A} \div 5$$

$$I_{\text{dif}}(\text{phasa R}) = 0,342 \text{ A}$$

$$I_{\text{dif}}(\text{phasa S}) = 1,71 \text{ A} \div 5$$

$$I_{\text{dif}}(\text{phasa S}) = 0,342 \text{ A}$$

$$I_{\text{dif}}(\text{phasa T}) = 1,69 \text{ A} \div 5$$

$$I_{\text{dif}}(\text{phasa T}) = 0,338 \text{ A}$$

Berdasarkan arus diferensial yang terbaca pada rele adalah 0,342 A pada phasa R dan S, serta 0,338 A pada phasa T. Sedangkan *setting* aktual rele adalah 0,3 A. Jadi pada uji karakteristik rele diferensial menunjukkan bahwa kondisi trip rele dalam kondisi masuk baik karena bekerja sesuai dengan arus *setting*. Dari hasil tersebut apabila arus yang lewat melebihi arus *setting* maka rele diferensial akan memberi sinyal kepada pemutus tenaga untuk mentrip. Arus diferensial akan mengikuti adanya perubahan arus pada sisi primer dan sisi sekunder pada kondisi normal sesuai karakteristik, sehingga semakin besar arus yang mengalir pada sisi primer maka arus diferensial dan arus restrain akan semakin besar. Rele diferensial pada prinsipnya akan bekerja ketika gangguan berada di daerah pengamanan.

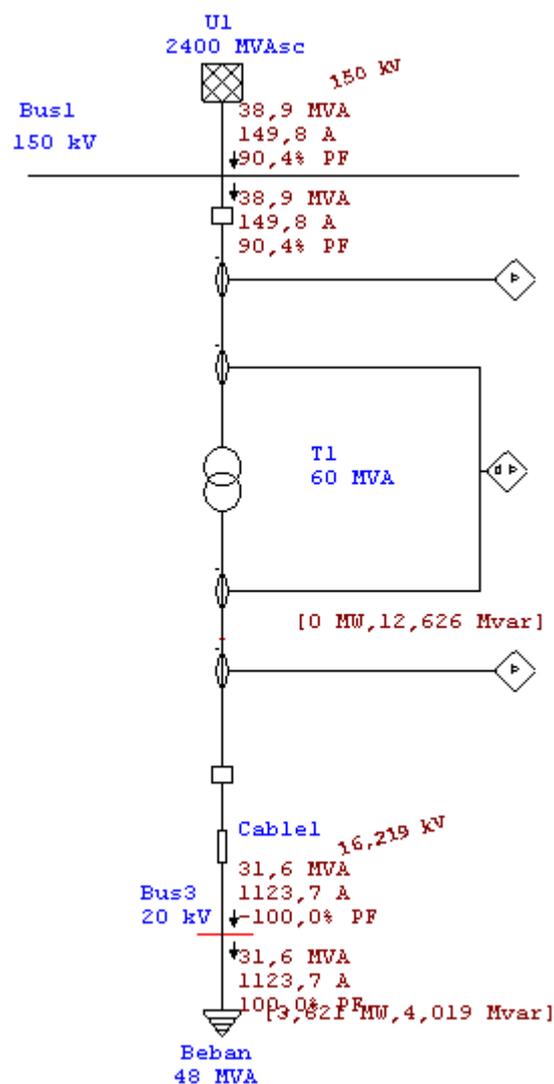
#### **4.4. Simulasi Rele Diferensial menggunakan software ETAP 12.6**

Simulasi rele diferensial bertujuan untuk mengetahui kinerja rele diferensial pada transformator dengan kapasitas 60 MVA di Gardu Induk Kentungan. Simulasi ini dilakukan dengan kondisi normal atau tanpa gangguan, memberikan gangguan (*fault insertion*) pada daerah pengaman rele diferensial, dan memberikan gangguan

(*fault insertion*) pada daerah luar pengamanan rele diferensial. Simulasi ini menggunakan *software* ETAP 12.6.

#### 4.4.1. Simulasi Keadaan Normal

Berikut simulasi jaringan menggunakan *software* ETAP 12.6. dalam keadaan normal atau tanpa ada gangguan ditampilkan pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Simulasi Rele Diferensial pada Kondisi Normal

Gambar 4.2 menjelaskan simulasi rele diferensial saat tidak terjadi gangguan atau saat keadaan arus normal. U<sub>i</sub> atau power grid adalah daya input

dengan mensuplai daya sebesar 2400 MVA<sub>sc</sub> yang digunakan untuk beban pada jaringan 150 kV yang kemudian diturunkan dengan transformator daya (trafo *step down*) menjadi 20 kV. Beban yang digunakan pada trafo menggunakan beban puncak pada bulan Juni 2019 sebesar 48,3 MW. Perhitungan daya input sebagai berikut:

Daya Input : 150 kV, 2000 A

(Z) Impedansi : 12,5%

Daya Input = Volts × Amps / 1,000 = KVA

Daya Input = 150000 V × 2000 A / 1,000 = KVA

Daya Input = 300000 KVA = 300 MVA

$$MVA_{sc} = \frac{MVA}{Z}$$

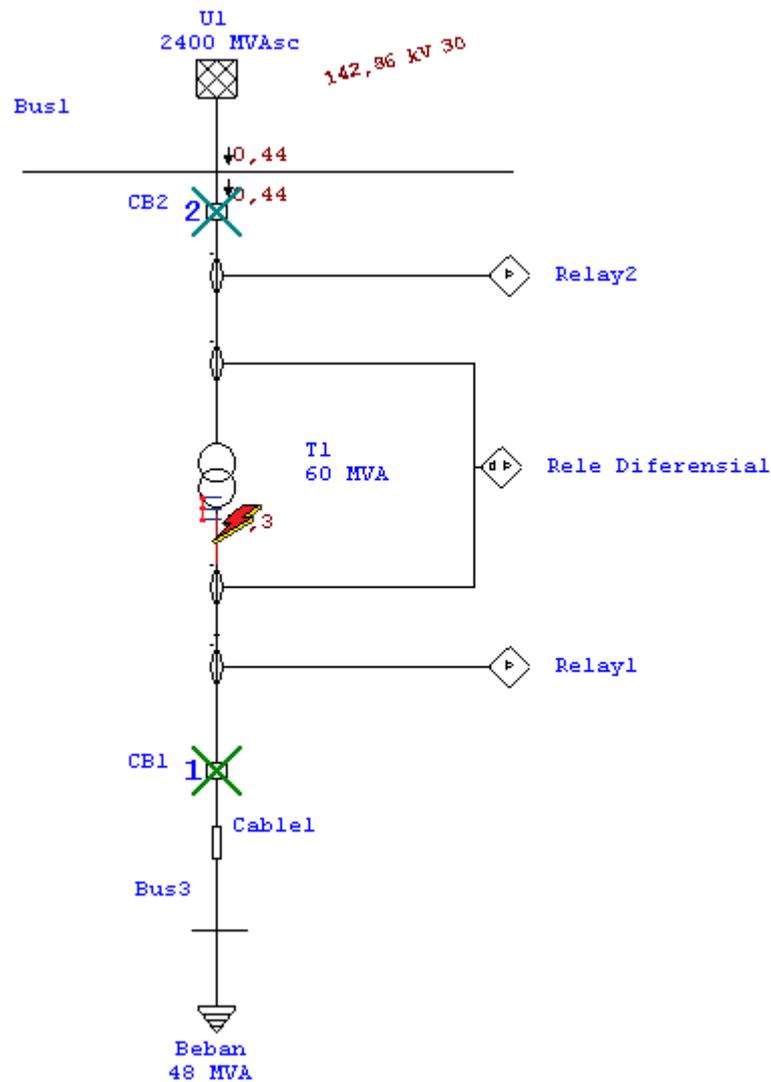
$$MVA_{sc} = \frac{300 MVA}{12,5 \%}$$

$$MVA_{sc} = 2400$$

Daya Input = 2400 MVA<sub>sc</sub>

#### 4.4.2. Simulasi Gangguan di dalam Daerah Pengaman Rele Diferensial

Berikut simulasi jaringan menggunakan *software* ETAP 12.6. dalam keadaan terdapat gangguan atau diberikan (*short circuit*) di daerah pengaman rele diferensial yang ditampilkan pada gambar 4.3.

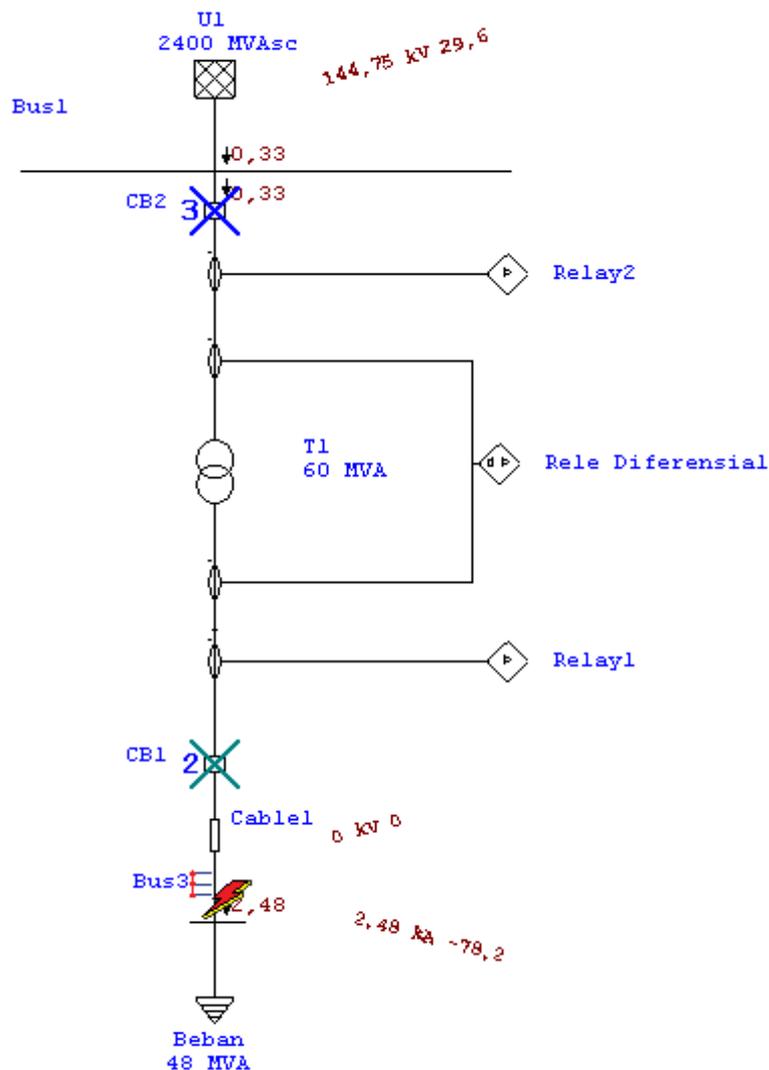


**Gambar 4.3.** Simulasi Rele Diferensial saat Terjadi Gangguan Internal.

Gambar 4.3. menunjukkan terjadi gangguan di daerah pengaman rele diferensial dengan menggunakan *software* ETAP 12.6, ketika *short circuit* berada di daerah pengaman atau zona proteksi transformator daya maka rele diferensial akan memberi sinyal kepada pemutus tenaga (*circuit breaker*) untuk mentrip jaringan agar transformator daya tidak terjadi kerusakan dan menjaga stabilitas peralatan listrik.

#### 4.4.3. Simulasi Keadaan Gangguan Di Luar Daerah Pengaman

Berikut simulasi jaringan menggunakan *software* ETAP 12.6. dalam keadaan terdapat gangguan atau diberikan (*short circuit*) di daerah luar pengaman rele diferensial yang ditampilkan pada gambar 4.4.



**Gambar 4.4.** Simulasi Rele Diferensial saat Terjadi Gangguan Eksternal.

Gambar 4.4. merupakan simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6, ketika di daerah luar pengaman rele diferensial diberikan *short circuit* maka *circuit breaker* terdekat akan tetap mentrip jaringan karena *circuit breaker* berkoordinasi dengan *overcurrent relay*.