

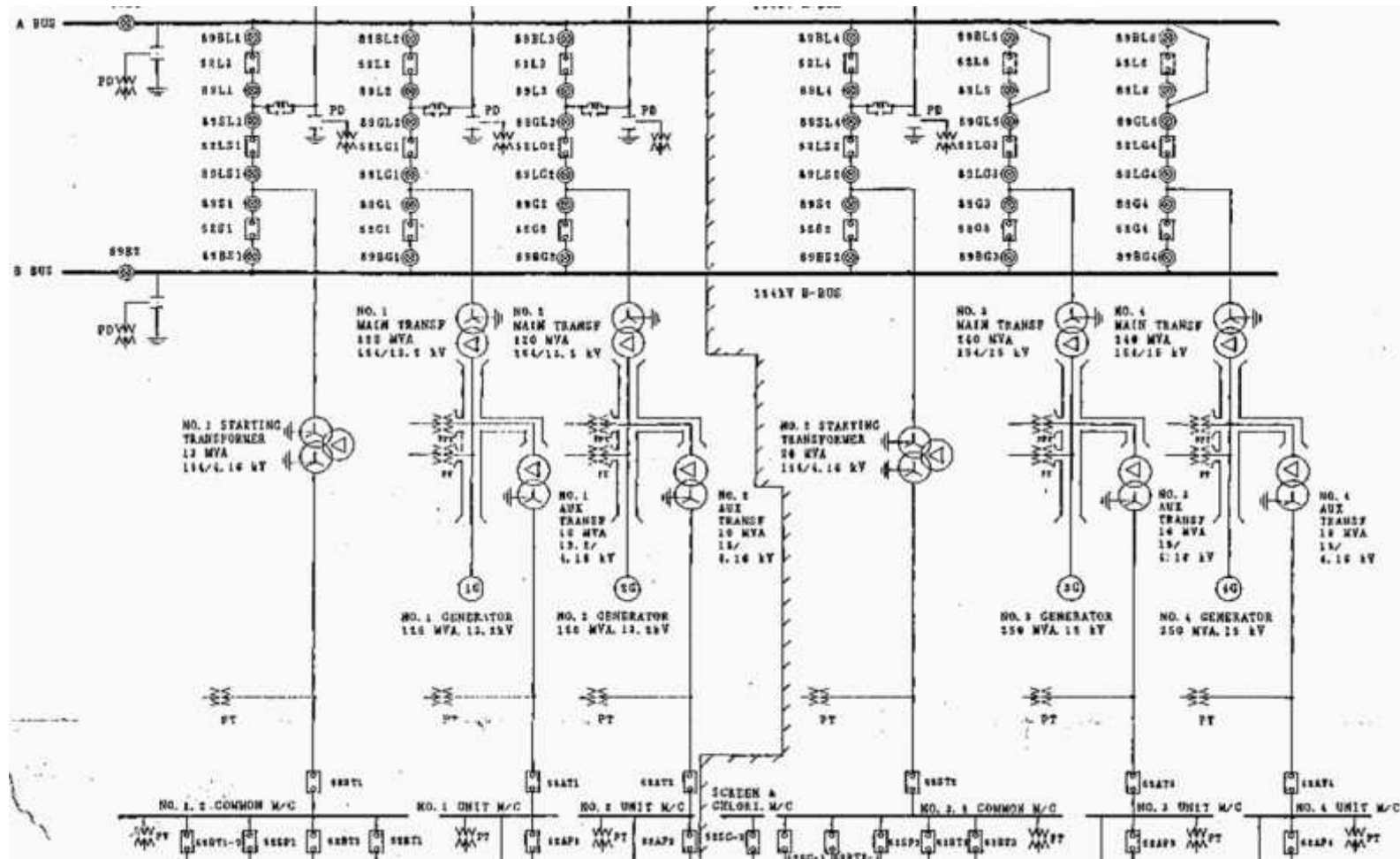
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

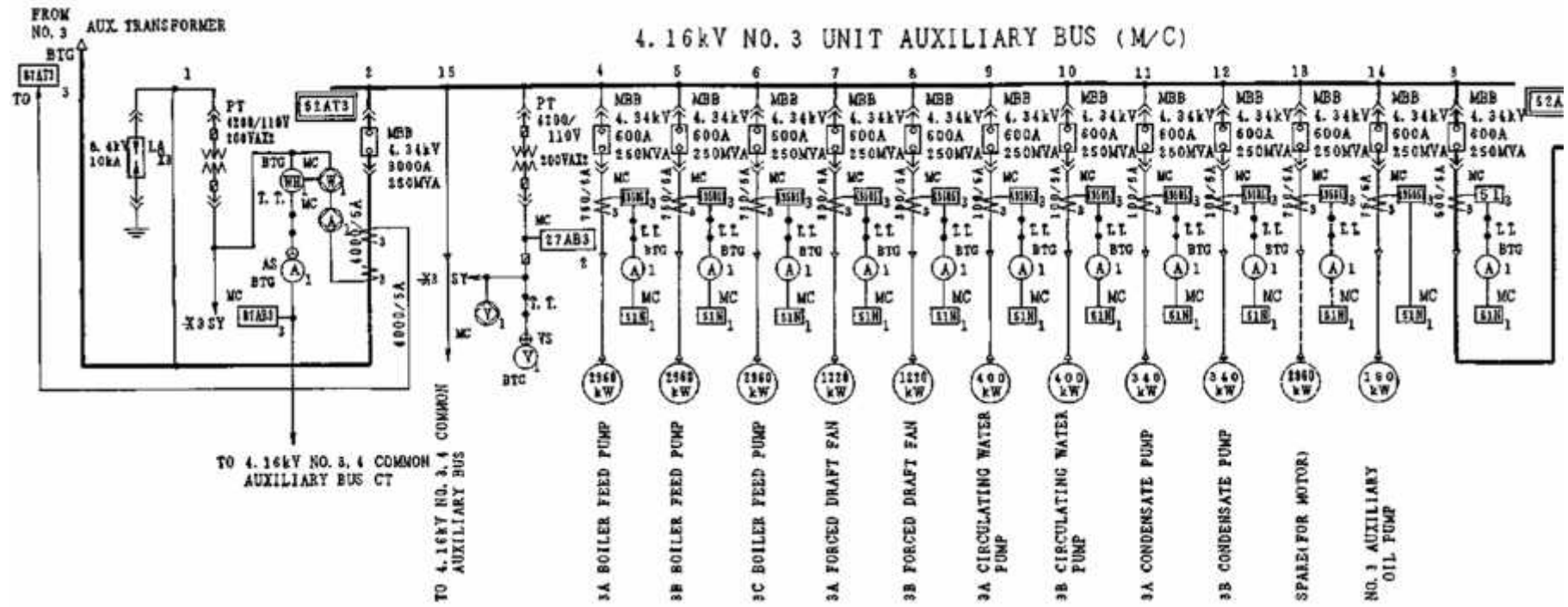
4.1. Pengenalan Sistem Kelistrikan di PLTU Unit 3 PT. PJB UP Gresik

PLTU PT. PJB UP Gresik terdiri dari 4 buah unit pembangkitan, dimana PLTU 1-2 berkapasitas 100 MW dan PLTU 3-4 berkapasitas 200 MW. Keempat unit pembangkit tersebut secara bersama-sama beroperasi sepanjang tahun.

Berikut merupakan gambar sistem kelistrikan secara umum di PLTU PT. PJB UP Gresik yang ditampilkan pada gambar 4.1 dan gambar *single line diagram* beban motor listrik 4.16 kV yang ditampilkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.1. Single Line Diagram PLTU PT. PJB UP Gresik



Gambar 4.2. Single Line Diagram Beban 4.16 kV

4.2. Data Kelistrikan di PLTU Unit 3 PT. PJB UP Gresik

4.2.1. Data Sheet Main transformer

Tabel 4.1. Data Sheet Main Transformer

Jumlah Kutub	2
Kapasitas Daya	240 MVA
Tegangan	15 KV / 154 KV
Arus Nominal	9623 A / 900 A
Frekuensi	50 Hz
Faktor Daya	0.8

4.2.2. Data Sheet Auxiliary Transformer

Tabel 4.2. Data Sheet Auxiliary Transformer

Jumlah Kutub	2
Kapasitas Daya	25 MVA
Tegangan	15 KV / 4.16 KV
Arus Nominal	615.8 A / 2221 A
Frekuensi	50 Hz
Faktor Daya	0.8

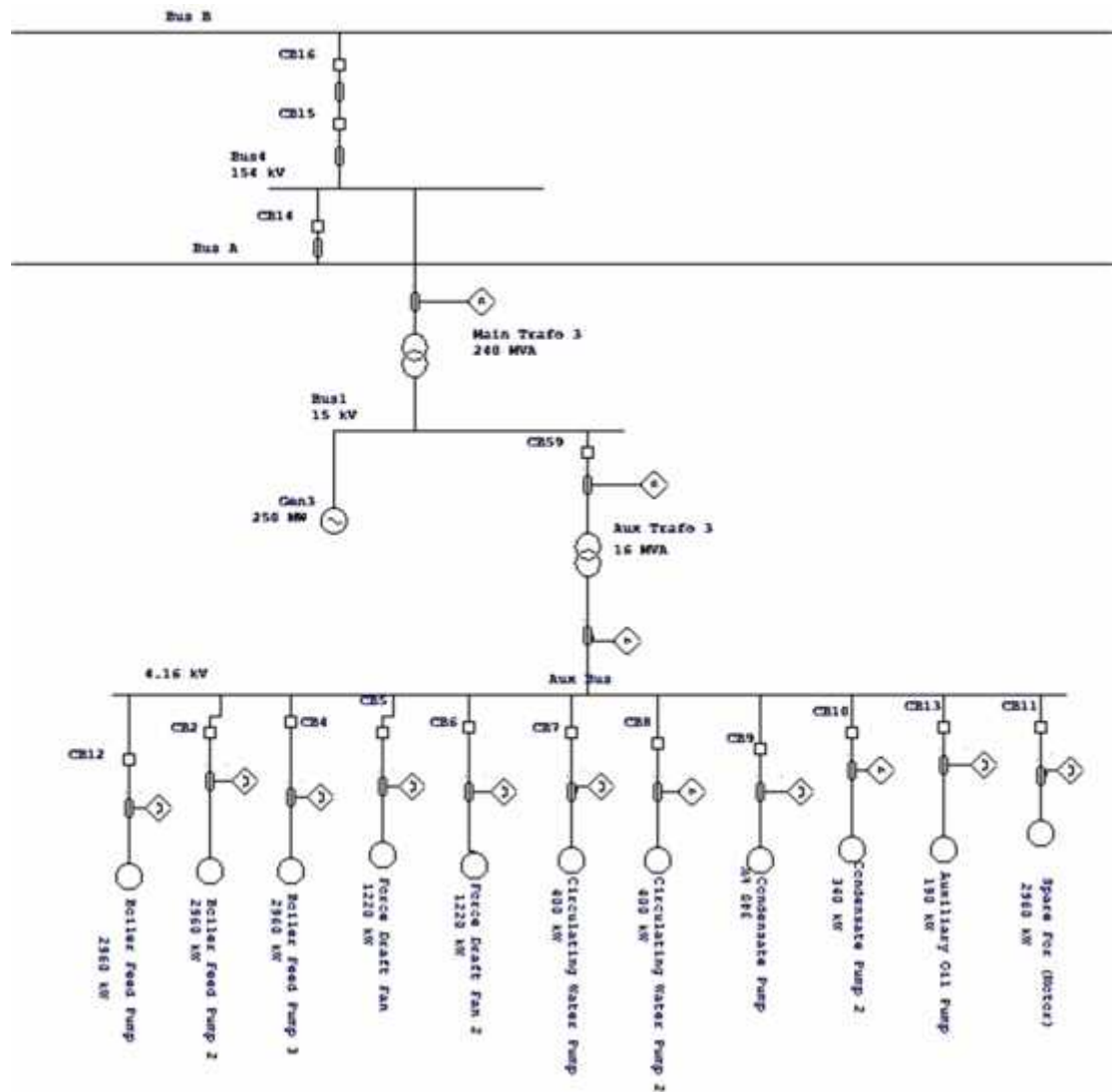
4.2.3. Data Sheet Beban 4.16 kV

Tabel 4.3. Data Sheet Beban 4.16 kV

Nama Beban	Jumlah Kutub	Kapasitas Daya (kW)	Tegangan (kV)	RPM
<i>Boiler Feed Pump (A)</i>	4	2960	4.16	1480
<i>Boiler Feed Pump (B)</i>	4	2960	4.16	1480
<i>Boiler Feed Pump (C)</i>	4	2960	4.16	1480
<i>Forced Draft Fan (A)</i>	6	1220	4.16	998
<i>Forced Draft Fan (B)</i>	6	1220	4.16	998
<i>Circulating Water Pump (A)</i>	16	400	4.16	375
<i>Circulating Water Pump (B)</i>	16	400	4.16	375
<i>Condesate Pump (A)</i>	16	340	4.16	375
<i>Condesate Pump (B)</i>	16	340	4.16	375
<i>Auxiliary Oil Pump</i>	16	190	4.16	375
<i>Spare For Motor</i>	4	2960	4.16	1480

4.3. Single Line Diagram PLTU Unit 3 PT. PJB UP Gresik

Berikut ditampilkan gambar *single line diagram* PLTU Unit 3 PJB UP Gresik dari mulai daerah sekitar *main transformer* hingga beban motor 4.16 kV.



Gambar 4.3. *Single Line Diagram* PLTU Unit 3 PT. PJB UP Gresik (ETAP)

Dari gambar 4.3. di atas dapat dilihat untuk setiap komponen listrik dilengkapi *relay* arus lebih sebagai pengamanan arus lebih.

4.4. Relay Proteksi Arus Lebih di PLTU Unit 3 PT. PJB UP Gresik

4.4.1. Data *Setting* Transformator

) *Main Transformer*

Jenis *Relay* = T60 Ge Mutilin

Rasio CT = 1500/5

Pick up = 1.140 pu

Arus *pickup* = 1.140 x 1500 A = 1710 A

Kurva = IEC curve C

Time dial multiplier = 0.3

Sehingga untuk mencari waktu operasi (T) dapat dicari dengan

persamaan berikut:

Kurva IEC *curve C*

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^2 - 1} \right]$$

untuk arus gangguan menggunakan nilai arus hubung singkat pada

main transformer sebesar 12200 A

$$T = 0.3 \times \left[\frac{8}{\left(\frac{12200}{1710} \right)^2 - 1} \right]$$

$$T = 0.48 \text{ detik}$$

Jadi, nilai waktu *relay* beroperasi sebesar 0.48 detik

) *Auxiliary Transformer*

Jenis *Relay* = T35 Ge Mutilin

Rasio CT = 1000/5

$$Pick\ up = 1.000\ pu$$

$$Arus\ Pickup = 1 \times 1000\ A = 1000\ A$$

$$Kurva = IEEE\ mod\ inv$$

$$Time\ dial\ multiplier = 1$$

Sehingga untuk mencari waktu operasi (T) dapat dicari dengan persamaan berikut:

Kurva IEE *Mod Inverse*

$$T = TDM \times \left[\frac{A}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^B - 1} + B \right]$$

untuk arus gangguan menggunakan nilai arus hubung singkat pada *auxiliary transformer* sebesar 157437 A.

$$T = 1 \times \left[\frac{0.0}{\left(\frac{1}{1}\right)^{0.0} - 1} + 0.114 \right]$$

$$T = 0.6\ detik$$

Jadi, waktu *relay* beroperasi sebesar 0.6 detik

4.4.2. Data Setting Beban 4.16 kV

Tabel 4.4. *Setting Relay Arus Lebih*

Setting Relay Arus Lebih				
Nama Motor	Pick up	Delay	Rasio CT	Jenis Relay
Boiler Feed Pump (A)	6.6 x CT	0 ms	750/5	SR 469 Ge Mutilin
Boiler Feed Pump (B)	6.6 x CT	0 ms	750/5	SR 469 Ge Mutilin
Boiler Feed Pump (C)	6.6 x CT	0 ms	750/5	SR 469 Ge Mutilin
Forced Draft Fan (A)	7.2 x CT	0 ms	300/5	SR 469 Ge Mutilin
Forced Draft Fan (B)	7.2 x CT	0 ms	300/5	SR 469 Ge Mutilin

<i>Circulating Water Pump (A)</i>	8.2 x CT	0 ms	100/5	SR 469 Ge Mutilin
<i>Circulating Water Pump (B)</i>	8.2 x CT	0 ms	100/5	SR 469 Ge Mutilin
<i>Condesate Pump (A)</i>	6 x CT	0 ms	100/5	SR 469 Ge Mutilin
<i>Condesate Pump (B)</i>	6 x CT	0 ms	100/5	SR 469 Ge Mutilin
<i>Auxiliary Oil Pump</i>	6.4 x CT	0 ms	75/5	SR 469 Ge Mutilin
<i>Spare For Motor</i>	6.6 x CT	0 ms	750/5	SR 469 Ge Mutilin

4.4.3. Data Setting Relay Bus Tie 4.16 Kv

Jenis Relay = SR 750 Ge Mutilin

Rasio CT = 4000/5

Pick up = 0.8 pu

Kurva = IEC curve B

4.5. Hasil Simulasi Kerja Relay dan Koordinasi Relay pada Software

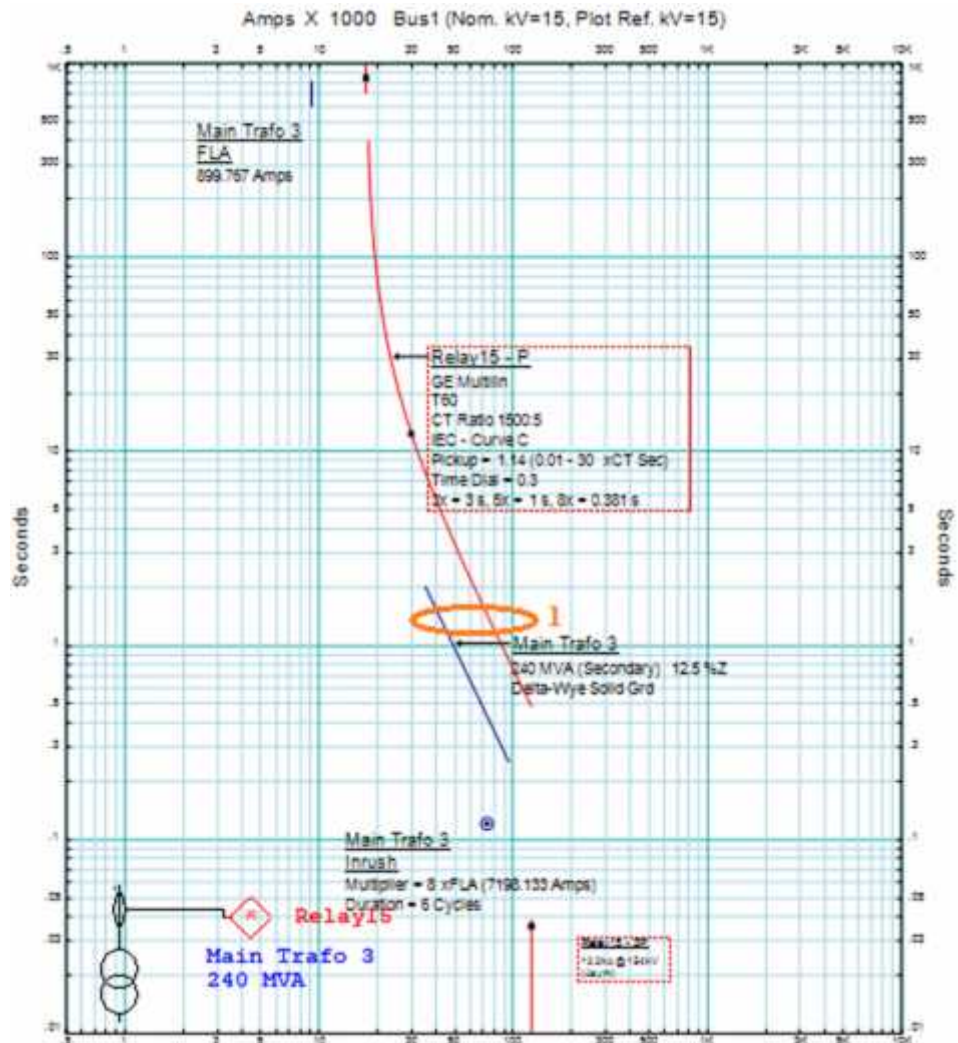
ETAP 12.6

4.5.1. Data Arus Hubung Singkat

Tabel 4.5. Data Arus Hubung Singkat

Bus	Isc min 30 cycle (A)	Isc max 4 cycle (A)
Bus 4	7410	8330
Bus A	24110	24350
Bus 1	91270	108100
Bus 2	21040	30910

4.5.2. Hasil Plot Setelan *Relay Arus Lebih* pada Daerah *Main transformer*



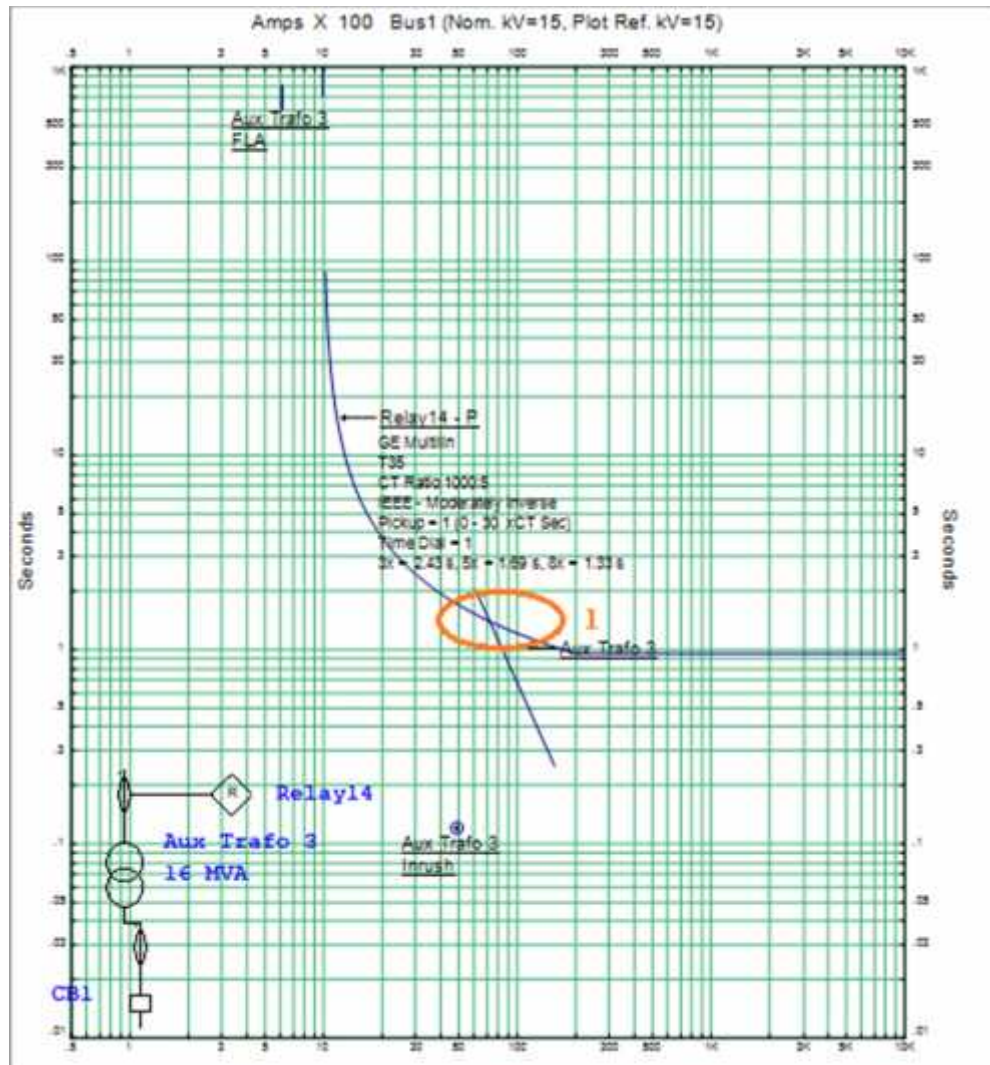
Gambar 4.4. Hasil Plot Setelan *Relay Arus Lebih* pada Daerah *Main Transformer*

Poin 1

Berdasarkan hasil plot setelan *relay* pada daerah *main transformer* yang ada pada gambar 4.4 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Sesuai gambar di atas terlihat bahwa *relay* arus lebih tersebut bekerja di atas daerah *damage* transformator (pada gambar kurva *relay* berada di sebelah kanan daerah *damage* transformator) yaitu daerah dimana tepat akan terjadi kerusakan pada transformator akibat pemanasan berlebihan (*overheat*). Sehingga sebelum itu terjadi *relay* arus lebih harus dapat bekerja mengamankan transformator. Sehingga untuk kasus ini *relay* belum sesuai pengaturannya karena bekerja melewati daerah *damage transformator*. Ketika transformator sudah mengalami pemanasan berlebihan (*overheat*), *relay* baru bekerja sehingga memungkinkan kerusakan terjadi pada transformator. Dalam hal ini artinya *relay* gagal mengamankan *main transformer*.

4.5.3. Hasil Plot Setelan *Relay* Arus Lebih pada Daerah *Auxiliary transformer*



Gambar 4.5. Hasil Plot Setelan *Relay* Arus Lebih pada Daerah *Auxiliary Transformer*

Poin 1

Berdasarkan hasil plot setelan *relay* pada daerah *auxiliary transformer* yang ada pada gambar 4.5 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pada poin 1 terlihat bahwa *relay* arus lebih memotong garis daerah *damage transformer*. Artinya *relay* bekerja setelah terjadi kerusakan akibat pemanasan berlebihan (*overheat*) pada transformator sehingga *relay* ini harus dilakukan pengaturan ulang karena *relay* tidak bekerja ketika gangguan terjadi dan sebelum terjadi kerusakan pemanasan berlebihan (*overheat*) pada transformator. Dalam hal ini artinya *relay* gagal mengamankan *auxiliary transformer*.

4.6. Hasil Perhitungan Manual dan *Resetting Relay* Arus Lebih di PLTU

Unit 3 PT. PJB UP Gresik

4.6.1. *Relay Main transformer*

Main transformer pada PLTU Unit 3 PT. PJB UP Gresik berkapasitas 240 MVA dengan tegangan 15/154 kV. *Relay* arus lebih yang dipasang pada *main transformer* bekerja di daerah sekunder trafo (154 kV) kearah jaringan transmisi. Untuk melakukan penghitungan *setting* manual *relay* arus lebih yang pertama perlu diketahui adalah nilai arus nominal/ *full load ampere* (FLA) yang bekerja pada transformator, sehingga nilai arus nominal/ *full load ampere* (FLA) dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$FLA = \frac{D \quad S_i \quad (V)}{\sqrt{3} \times n \quad T \quad (V)}$$

$$FLA = \frac{2}{\sqrt{3} \times 1} \frac{(V)}{(V)}$$

$$FLA = 899.766 \text{ A} \quad 899.8 \text{ A}$$

Menurut *british standard* BS 142 batas untuk menentukan arus *pickup* pada *relay* sebagai pelindung dari hubung singkat:

Pada sisi sekunder nilai *full load ampere* (FLA) *main transformer* adalah 899.8 A

$$1.05 \text{ FLA} < I_p < 0.8 \text{ Isc min}$$

$$1.05 \times 899.8 \text{ A} < I_p < 0.8 \times 7410 \text{ A}$$

$$944.79 \text{ A} < I_p < 5928 \text{ A}$$

Menurut *British Standard* BS 142, batas dalam menentukan arus *pickup* pada *relay* sebagai pelindung dari beban lebih adalah:

$$1,05 \text{ FLA} < IP < 1,4 \text{ FLA}$$

Dipilih pengaturan 1.3 FLA

$$I_p = 1.3 \times 899.8 \text{ A}$$

$$I_p = 1169.74 \text{ A}$$

Sehingga nilai I_p adalah 1169.74 A, untuk nilai *pickup* dalam satuan pu maka,

$$Pickup \text{ (pu)} = \frac{I}{R \quad C}$$

$$Pickup \text{ (pu)} = \frac{1 \quad .7}{1}$$

$$\text{Pickup (pu)} = 0.779 \approx 0.8$$

Nilai *relay* ketika beroperasi dipilih 0.06 s dan nilai untuk arus gangguan digunakan arus hubung singkat maksimum pada *main transformer* sebesar 12200 A. Untuk konstanta K dan E disesuaikan dengan kurva karakteristik yang digunakan, karena pada pengaturan yang ada digunakan kurva IEC curve C, maka persamaan untuk nilai *time dial multiplier* sebagai berikut:

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1} \right]$$

$$\text{TDM} = T \times \left[\frac{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1}{K} \right]$$

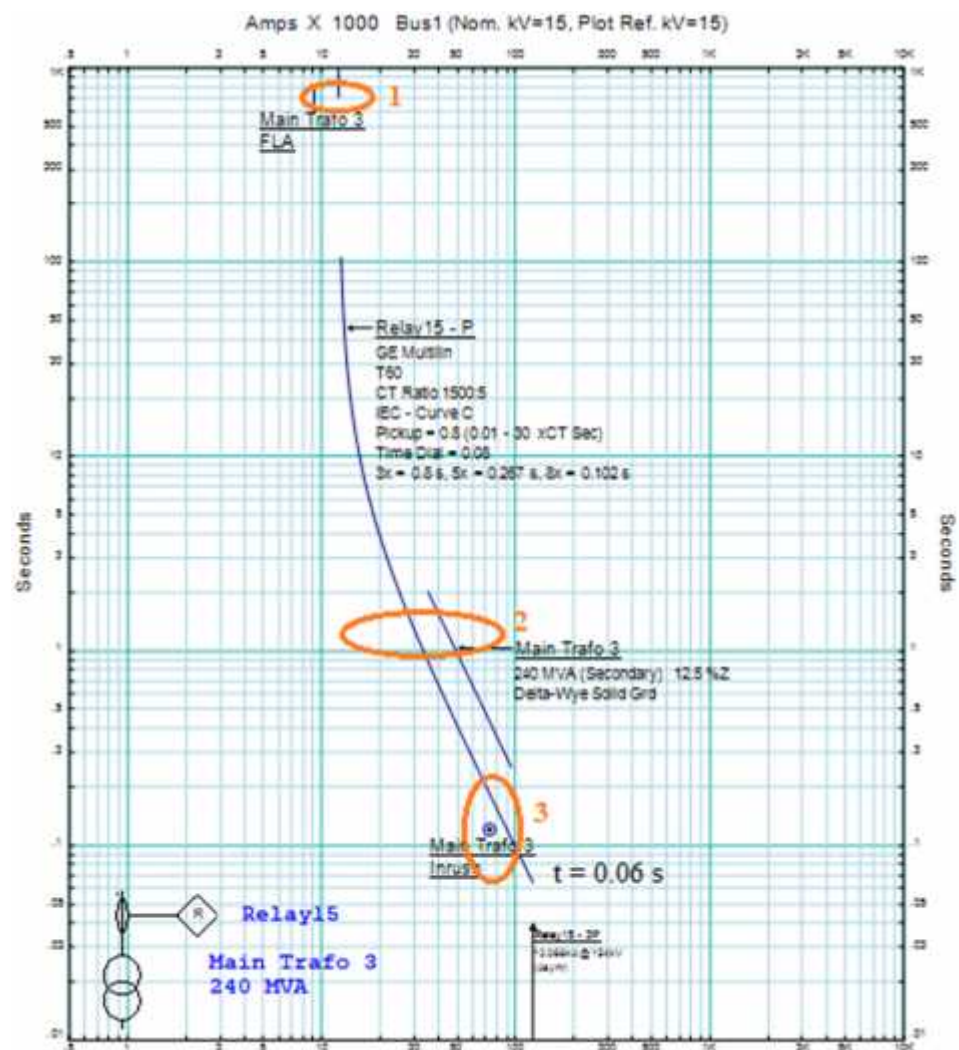
$$\text{TDM} = 0.1 \times \left[\frac{\left(\frac{1}{1.7} \right)^2 - 1}{8} \right]$$

$$\text{TDM} = 0.08$$

Tabel 4.6. Hasil *Setting Relay Arus Lebih* pada Daerah *Main Transformer*

Setting	Nilai Setting <i>Main transformer</i>
Kurva	IEC Curve C
Pickup	0.8 pu
<i>Time Dial Multiplier (TDM)</i>	0.08

Sehingga hasil *resetting* untuk *relay* arus lebih pada *main transformer* dapat ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 4.6. Hasil *Resetting Relay* pada Daerah *Main Transformer*

Poin 1

Berdasarkan gambar 4.6 di atas, tentang hasil *resetting relay* pada daerah *main transformer* dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pada poin 1 terlihat bahwa pengaturan nilai *pickup* untuk *relay* bekerja sudah sesuai karena berada di atas dari nilai arus nominal/ *full*

load ampere (FLA) dimana digambarkan pada gambar di atas posisi *relay* berada di sebelah kanan FLA transformator, sehingga beban tidak akan trip ketika terjadi beban penuh (nilai arus gangguan sama dengan nilai arus nominalnya).

Poin 2

Berdasarkan pada gambar 4.6 juga dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada poin 2 posisi *relay* bekerja berada dibawah garis *damage transformer*, yaitu daerah ketika transformator terjadi kerusakan akibat pemanasan berlebihan (*overheat*), sehingga ketika terjadi gangguan *relay* harus mampu mengisolir gangguan sebelum terjadi kerusakan pemanasan berlebihan (*overheat*) pada transformator itu sendiri. Sesuai pada hasil *resetting* di atas maka kerja *relay* sudah sesuai.

Poin 3

Selanjutnya, pada poin 3 posisi *relay* bekerja di atas nilai arus *inrush* dari transformator atau pada gambar posisi *relay* bekerja berada di sebelah kanan arus *inrush* transformator. Nilai arus *inrush* sendiri adalah nilai arus magnetisasi yang nilainya kurang lebih 8 kali dari nilai arus nominal/*full load ampere* (FLA) yang ada dalam waktu singkat sehingga tidak dikategorikan sebagai arus gangguan. Sesuai gambar di atas posisi *relay* sudah sesuai karena berada di atas nilai arus *inrush* sehingga *relay* tidak akan mengategorikan arus *inrush* tersebut sebagai gangguan.

J) Perbandingan Setting *Relay Arus Lebih Eksisting* dan *Relay Arus Lebih Resetting* pada *Main Transformer*

Tabel 4.7. *Relay Arus Lebih* pada *Main Transformer*

Setting	Relay Eksisting	Relay Resetting
Kurva	IEC Curve C	IEC Curve C
Pickup (pu)	1.14	0.8
Time Dial	0.3	0.08
Waktu Operasi (s)	0.48	0.06

4.6.2. *Relay Auxiliary Transformer*

Main transformer pada PLTU Unit 3 PJB UP Gresik berkapasitas 16 MVA dengan tegangan 15/4.16 kV. *Relay* arus lebih yang dipasang pada *auxiliary transformer* bekerja di daerah primer (15 kV). Untuk melakukan penghitungan setting manual *relay* arus lebih yang pertama perlu diketahui adalah nilai arus nominal/ *full load ampere* (FLA) yang bekerja pada transformator, sehingga nilai arus nominal/ *full load ampere* (FLA) dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$FLA = \frac{D \quad S_t \quad (V)}{\sqrt{3} \times n \quad T \quad (V)}$$

$$FLA = \frac{1 \quad (V)}{\sqrt{3} \times 1 \quad (V)}$$

$$FLA = 615.840 \text{ A} \quad 615.8 \text{ A}$$

Pada sisi primer nilai *full load ampere* (FLA) *main transformer* adalah 615.8 A

$$1.05 \text{ FLA} < I_p < 0.8 \text{ Isc min}$$

$$1.05 \times 615.8 \text{ A} < I_p < 0.8 \times 91270 \text{ A}$$

$$645.75 \text{ A} < I_p < 73016 \text{ A}$$

Menurut *British Standard* BS 142, batas dalam menentukan arus *pickup* pada *relay* sebagai pelindung dari beban lebih adalah:

$$1,05 \text{ FLA} < IP < 1,4 \text{ FLA}$$

Dipilih pengaturan 1.3 FLA

$$I_p = 1.3 \times 615.8 \text{ A}$$

$$I_p = 799.5 \text{ A} \approx 800 \text{ A}$$

Sehingga nilai I_p adalah 800 A, untuk nilai *pickup* dalam satuan pu maka,

$$\text{Pickup (pu)} = \frac{I_i}{R \quad C}$$

$$\text{Pickup (pu)} = \frac{8}{1}$$

$$\text{Pickup (pu)} = 0.8$$

Nilai *relay* ketika beroperasi dipilih 0.19 s dan untuk nilai arus gangguan digunakan arus hubung singkat maksimum pada *auxiliary transformer* sebesar 156789 A. Untuk konstanta K dan E disesuaikan

dengan kurva karakteristik yang digunakan, karena pada pengaturan yang ada digunakan kurva IEEE Mod Inv, maka persamaan untuk nilai *time dial multiplier* sebagai berikut:

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{A}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^p - 1} + B \right]$$

$$\text{TDM} = \frac{T}{\left[\frac{A}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^p - 1} + B \right]}$$

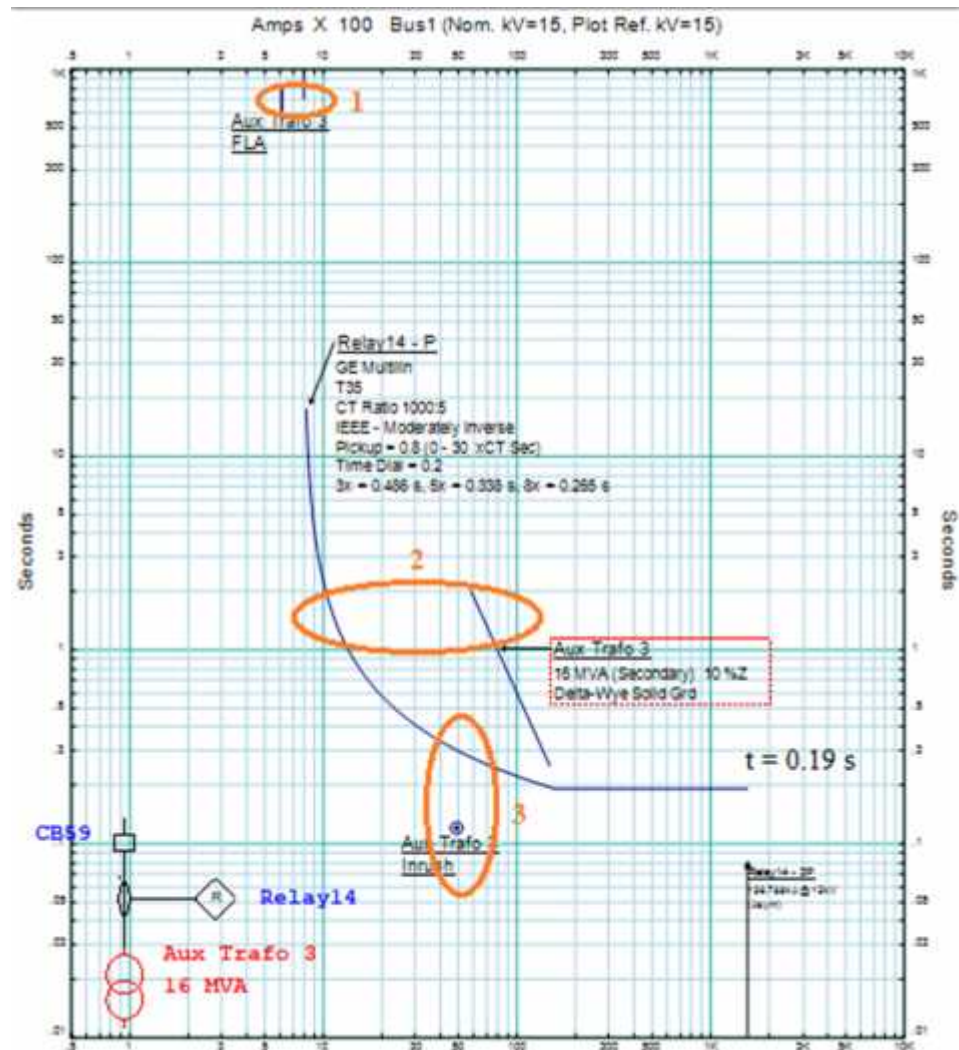
$$\text{TDM} = \frac{0.1}{\left[\frac{0.0}{\left(\frac{1}{8}\right)^{0.0} - 1} + 0.1 \right]}$$

$$\text{TDM} = 0.2$$

Tabel 4.8. Hasil *Resetting Relay* Arus Lebih pada Daerah *Auxiliary Transformer*

<i>Setting</i>	Nilai <i>Setting Auxiliary Transformer</i>
Kurva	IEEE Moderately Inverse
<i>Pickup</i>	0.8 pu
<i>Time Dial Multiplier (TDM)</i>	0.2

Sehingga hasil resetting untuk *relay* arus lebih pada *auxiliary transformer* dapat ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 4.7. Hasil *Resetting Relay* pada Daerah *Auxiliary Transformer*
Poin 1

Berdasarkan gambar 4.7 di atas, tentang hasil *resetting relay* pada daerah *auxiliary transformer* dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pada poin 1 terlihat bahwa pengaturan nilai *pickup* untuk *relay* bekerja sudah sesuai karena berada di atas dari nilai arus nominal/ *full load ampere* (FLA) dimana digambarkan pada gambar di atas posisi *relay* berada di sebelah kanan FLA transformator, sehingga beban

tidak akan trip ketika terjadi beban penuh (nilai arus gangguan sama dengan nilai arus nominalnya).

Poin 2

Berdasarkan gambar 4.7 juga dapat di analisis bahwa, pada poin 2 terlihat bahwa *relay* bekerja di bawah daerah *damage transformer*. Daerah *damage transformer* merupakan daerah dimana transformator mengalami kerusakan akibat pemanasan berlebihan (*overheat*) pada daerah tersebut, sehingga *relay* sebagai pengaman harus dapat bekerja sebelum terjadi kerusakan pada transformator. Sesuai hasil *resetting relay* sudah sesuai.

Poin 3

Selanjutnya, pada poin 3 posisi *relay* bekerja di atas nilai arus *inrush* dari transformator atau pada gambar posisi *relay* bekerja berada di sebelah kanan arus *inrush* transformator. Nilai arus *inrush* sendiri adalah nilai arus magnetisasi yang nilainya kurang lebih 8 kali dari nilai arus nominal/*full load ampere* (FLA) yang ada dalam waktu singkat sehingga tidak dikategorikan sebagai arus gangguan. Sesuai gambar di atas posisi *relay* sudah sesuai karena berada di atas nilai arus *inrush* sehingga *relay* tidak akan mengategorikan arus *inrush* tersebut sebagai gangguan.

J) Perbandingan Setting *Relay* Arus Lebih *Eksisting* dan *Relay* Arus Lebih *Resetting* pada *Auxiliary Transformer*

Tabel 4.9. *Relay* Arus Lebih pada *Auxiliary Transformer*

<i>Setting</i>	<i>Relay Eksisting</i>	<i>Relay Resetting</i>
Kurva	IEEE <i>Mod Inverse</i>	IEC <i>Mod Inverse</i>
<i>Pickup (pu)</i>	1	0.8
<i>Time Dial</i>	1	0.2
Waktu Operasi (s)	0.6	0.19

4.6.3. *Relay* Beban 4.16 kV

1. *Relay* Motor *Boiler Feed Pump* (BFP)

Jenis <i>Relay</i>	= SR 469 GE Mutilin
Daya	= 2960 kW
FLA	= 487.5 A
Isc min	= 21040 A
Isc max	= 63509 A
Rasio CT	= 750/5

J) *Time Overcurrent Pickup*

$1.05 \times \text{FLA Motor BFP}$	Iset	$0.8 \times \text{Isc Min. Bus Motor BFP}$
1.05×487.5	Iset	0.8×21040
511. 875 A	Iset	16.832 A

Dipilih Iset = 940 A

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot F}$$

$$\text{Tap} = \frac{9}{7}$$

$$\text{Tap} = 1.226 \approx 1.23$$

) *Time dial multiplier (TDM)*

Waktu *starting* motor = 6 detik

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{If}{I \cdot xF} \right)^E - 1}{k} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{If}{I \cdot xF} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 6 \left[\frac{\left(\frac{6}{1.2 \cdot 4.5} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 4.188$$

) *Instantaneous Pickup*

1.05 × *I*_{starting} Motor BFP Iset 0.8 × I_{sc} Min Bus Motor
BFP

1.05 × 5 x FLA Iset 0.8 × I_{sc} Min Bus Motor
BFP

1.05 x 2440 Iset 0.8 x 21040 A

2562 A Iset 16832 A

Dipilih Iset = 5000 A

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot F}$$

$$\text{Tap} = \frac{5}{7}$$

$$\text{Tap} = 6.6$$

) *Time Delay*

Time delay dipilih = 0.02 detik

2. Relay Motor Forced Draft Fan (FDF)

Jenis *Relay* = SR 469 GE Mutilin

Daya = 1220 kW

FLA = 204 A

Isc min = 21040 A

Isc max = 63509 A

Rasio CT = 300/5

) *Time Overcurrent Pickup*

$1.05 \times \text{FLA Motor FDF}$ Iset $0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor FDF}$

$1.05 \times 204 \text{ A}$ Iset $0.8 \times 21040 \text{ A}$

214.2 A Iset 16.832 A

Dipilih Iset = 310 A

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot P}$$

$$\text{Tap} = \frac{3}{3}$$

$$\text{Tap} = 1.03$$

) *Time dial multiplier (TDM)*

Dipilih waktu *starting* motor = 3 detik

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{TDM} &= T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I \times F} \right)^E - 1}{k} \right] \\ \text{TDM} &= T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I \times F} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right] \\ \text{TDM} &= 3 \left[\frac{\left(\frac{6}{1.0 \times 2} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right] \\ \text{TDM} &= 2.5 \end{aligned}$$

) *Instantaneous Pickup*

$$1.05 \times \text{Istarting Motor FDF} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor}$$

$$\text{FDF}$$

$$1.05 \times 5 \times \text{FLA} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor}$$

$$\text{FDF}$$

$$1.05 \times 1020 \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times 21040 \text{ A}$$

$$1071 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 16832 \text{ A}$$

$$\text{Dipilih Iset} \quad = 2200 \text{ A}$$

$$\text{Tap} \quad = \frac{I}{C \cdot P \cdot m}$$

$$\text{Tap} \quad = \frac{2}{3}$$

$$\text{Tap} \quad = 7.3$$

) *Time Delay*

Time delay dipilih = 0.02 detik

3. *Relay Motor Cirulating Water Pump (CWP)*

Jenis *Relay* = SR 469 GE Mutilin

Daya = 400 kW

FLA = 74.07 A

$$I_{sc \text{ min}} = 21040 \text{ A}$$

$$I_{sc \text{ max}} = 63509 \text{ A}$$

$$\text{Rasio CT} = 100/5$$

) *Time Overcurrent Pickup*

$$1.05 \times \text{FLA Motor CWP} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor CWP}$$

$$1.05 \times 74.07 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times 21040 \text{ A}$$

$$77.8 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 16.832 \text{ A}$$

Dipilih Iset = 120 A

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot F}$$

$$\text{Tap} = \frac{1}{1}$$

$$\text{Tap} = 1.2$$

) *Time dial multiplier (TDM)*

Waktu *starting* motor = 2 detik

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I \times F} \right)^E - 1}{K} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I \times F} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 2 \left[\frac{\left(\frac{6}{1.2 \cdot 7.0} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 2$$

) *Instantaneous Pickup*

$$1.05 \times I_{\text{starting Motor CWP}} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times I_{\text{sc Min Bus Motor}}$$

$$1.05 \times 5 \times \text{FLA} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times I_{\text{sc Min Bus Motor}}$$

$$1.05 \times 370.35 \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times 21040 \text{ A}$$

$$389 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 16832 \text{ A}$$

$$\text{Dipilih Iset} = 820 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = \frac{I_t}{C \cdot P}$$

$$\text{Tap} = \frac{8}{1}$$

$$\text{Tap} = 8.2$$

) *Time Delay*

Time delay dipilih = 0.02 detik

4. *Relay Motor Condensate Pump (CP)*

$$\text{Jenis Relay} = \text{SR 469 GE Mutilin}$$

$$\text{Daya} = 340 \text{ kW}$$

$$\text{FLA} = 63.26 \text{ A}$$

$$\text{Isc min} = 21040 \text{ A}$$

$$\text{Isc max} = 63509 \text{ A}$$

$$\text{Rasio CT} = 100/5$$

) *Time Overcurrent Pickup*

$$1.05 \times \text{FLA Motor CP} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times I_{\text{sc Min Bus Motor CP}}$$

$$1.05 \times 63.26 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times 21040 \text{ A}$$

$$66.423 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 16.832 \text{ A}$$

$$\text{Dipilih Iset} = 120 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = \frac{I_s}{C \cdot P}$$

$$\text{Tap} = \frac{1}{1}$$

$$\text{Tap} = 1.2$$

) *Time dial multiplier (TDM)*

Dipilih waktu *starting* motor = 3 detik

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I \cdot xF} \right)^E - 1}{K} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I \cdot xF} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 3 \left[\frac{\left(\frac{6}{1.2 \times 6.2} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 3.08$$

) *Instantaneous Pickup*

$$1.05 \times I_{\text{starting Motor CP}} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times I_{\text{sc Min Bus Motor}}$$

$$1.05 \times 5 \times \text{FLA} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times I_{\text{sc Min Bus Motor}}$$

$$1.05 \times 316.3 \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times 21040 \text{ A}$$

$$332.115 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 16832 \text{ A}$$

$$\text{Dipilih Iset} = 600 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = \frac{I_s}{C \cdot P}$$

$$\text{Tap} = \frac{6}{1}$$

$$\text{Tap} = 6$$

) *Time Delay*

Time delay dipilih = 0.02 detik

5. *Relay Motor Auxiliary Oil Pump (AOP)*

Jenis *Relay* = SR 469 GE Mutilin

Daya = 190 kW

FLA = 36 A

Isc min = 21040 A

Isc max = 63509 A

Rasio CT = 75/5

) *Time Overcurrent Pickup*

$1.05 \times \text{FLA Motor AOP}$ Iset $0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor AOP}$

$1.05 \times 36 \text{ A}$ Iset $0.8 \times 21040 \text{ A}$

37.8 A Iset 16.832 A

Dipilih Iset = 95 A

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot F}$$

$$\text{Tap} = \frac{9}{7}$$

$$\text{Tap} = 1.267$$

Time dial multiplier (TDM)

Dipilih waktu *starting* motor = 2.5 detik

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{T \times F} \right)^E - 1}{K} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{If}{I \times F} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 2.5 \left[\frac{\left(\frac{6}{1.2 \times 3} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 2.778 \approx 2.8$$

) *Instantaneous Pickup*

$$1.05 \times \text{Istarting Motor AOP} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor AOP}$$

$$1.05 \times 5 \times \text{FLA} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor AOP}$$

$$1.05 \times 180 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times 21040 \text{ A}$$

$$189 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 16832 \text{ A}$$

$$\text{Dipilih Iset} = 480 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot F}$$

$$\text{Tap} = \frac{4}{7}$$

$$\text{Tap} = 6.4$$

) *Time Delay*

Time delay dipilih = 0.02 detik

6. *Relay Motor Space for Motor (SFM)*

$$\text{Jenis Relay} = \text{SR 469 GE Mutilin}$$

$$\text{Daya} = 2960 \text{ kW}$$

$$\text{FLA} = 487.5 \text{ A}$$

$$\text{Isc min} = 21040 \text{ A}$$

$$\text{Isc max} = 63509 \text{ A}$$

$$\text{Rasio CT} = 750/5$$

) *Time Overcurrent Pickup*

$$1.05 \times \text{FLA Motor SFM} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor SFM}$$

$$1.05 \times 487.5 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times 21040 \text{ A}$$

$$511.875 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 16.832 \text{ A}$$

Dipilih Iset = 900 A

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot P}$$

$$\text{Tap} = \frac{9}{7}$$

$$\text{Tap} = 1.23$$

) *Time dial multiplier (TDM)*

Dipilih waktu *starting* motor = 4 detik

$$T = \text{TDM} \times \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p} \right)^E - 1} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I \cdot X_F} \right)^E - 1}{k} \right]$$

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I \cdot X_F} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 4 \left[\frac{\left(\frac{6}{1.2 \times 4.5} \right)^{0.0} - 1}{0.1} \right]$$

$$\text{TDM} = 2.8$$

) *Instantaneous Pickup*

$$1.05 \times \text{Istarting Motor SFM} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor SFM}$$

$$1,05 \times 5 \times \text{FLA SFM} \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times \text{Isc Min Bus Motor SFM}$$

$$1.05 \times 2440 \quad \text{Iset} \quad 0.8 \times 21040 \text{ A}$$

2562 A

Iset 16832 A

Dipilih Iset = 5000A

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot P}$$

$$\text{Tap} = \frac{5}{7}$$

$$\text{Tap} = 6.6$$

Berdasarkan hasil perhitungan *setting relay* beban 4.16 kV di atas

dapat dirangkum dalam sebuah tabel sebagai berikut:

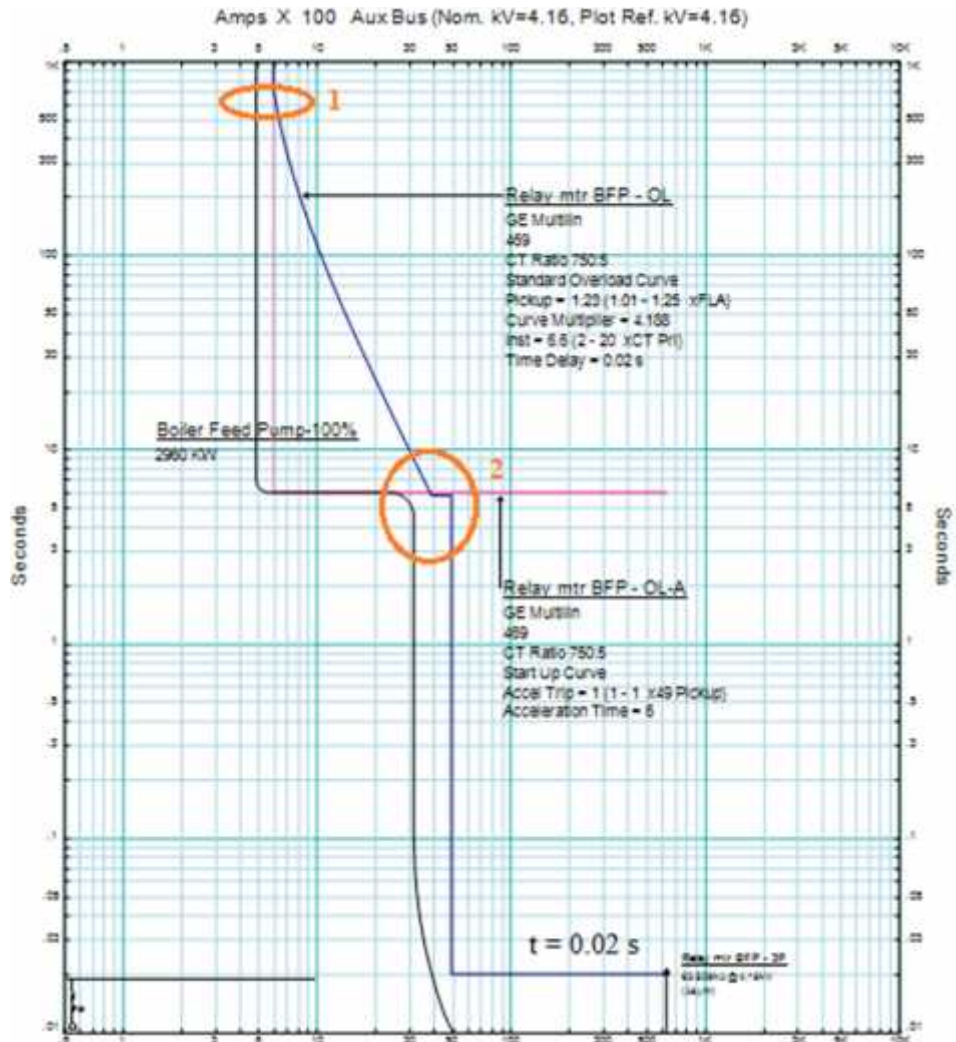
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan *Setting Relay* Beban 4.16 kV

Relay Motor	Kurva	CT Rasio	Pickup	Time Dial	Instantaneous	Delay (s)
Boiler Feed Pump	Normal Inverse	750/5	1.23	2.8	7	0.02
Forced Draft Fan	Normal Inverse	300/5	1.03	2.5	7.3	0.02
Circulating Water Pump	Normal Inverse	100/5	1.2	2.8	8.2	0.02
Condensate Pump	Normal Inverse	100/5	1.2	2.8	6	0.02
Auxiliary Oil Pump	Normal Inverse	75/5	1.267	2.8	6.6	0.02
Spare for Motor	Normal Inverse	750/5	1.23	2.8	6.6	0.02

Sehingga hasil *resetting* untuk *relay* arus lebih pada beban motor

4.16 kV dapat ditampilkan sebagai berikut:

1. Boiler Feed Pump (BFP)



Gambar 4.8. Hasil *Resetting Relay* Motor *Boiler Feed Pump* (BFP)

Poin 1

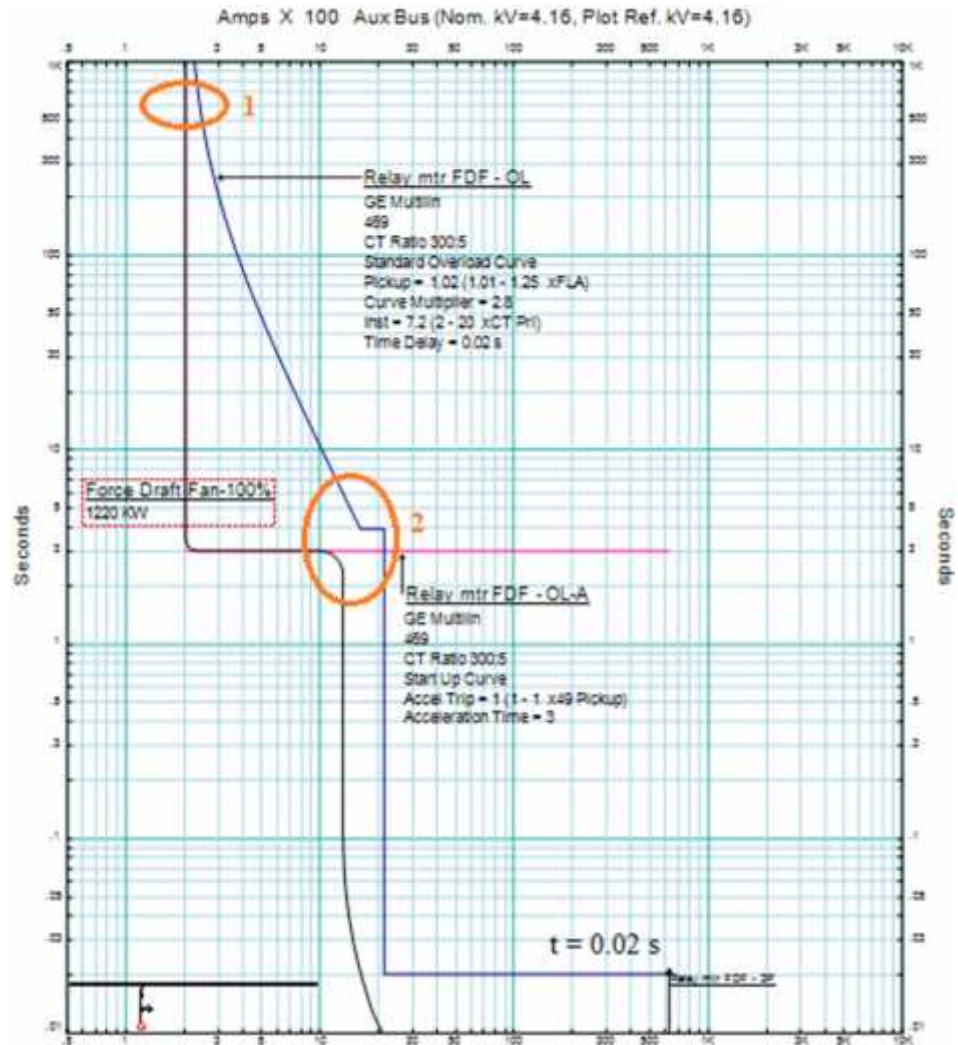
Berdasarkan hasil *resetting relay* pada motor *boiler feed pump* (BFP) seperti pada gambar 4.8 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pada poin 1 terlihat bahwa posisi *pickup relay* berada di atas nilai FLA motor BFP dengan nilai FLA sebesar 480 A dan besar arus *pickup* sebesar 590 A (pada gambar posisi *pickup relay* di sebelah kanan FLA motor BFP). Hal ini sesuai karena *relay* bekerja pada arus gangguan yang melebihi nilai FLA motor BFP sesuai pengaturan nilai *pickup relay*. Waktu operasi *relay* berlangsung selama 0.02 detik.

Poin 2

Berdasarkan gambar 4.8, juga dapat di analisis sebagai berikut. Pada poin 2 terlihat bahwa kurva *relay* berada di atas *starting curve* di dalam gambar kurva *relay* terletak di sebelah kanan *starting curve*. Hal ini sesuai karena *relay* tidak bekerja ketika keadaan *starting* motor yang menarik arus sangat tinggi dengan waktu yang relatif singkat, sehingga arus yang tinggi tersebut bukan dideteksi sebagai gangguan.

2. Forced Draft Fan (FDF)



Gambar 4.9. Hasil *Resetting Relay Motor Forced Draft Fan (FDF)*

Poin 1

Berdasarkan hasil *resetting relay motor forced draft fan (FDF)* seperti pada gambar 4.9 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

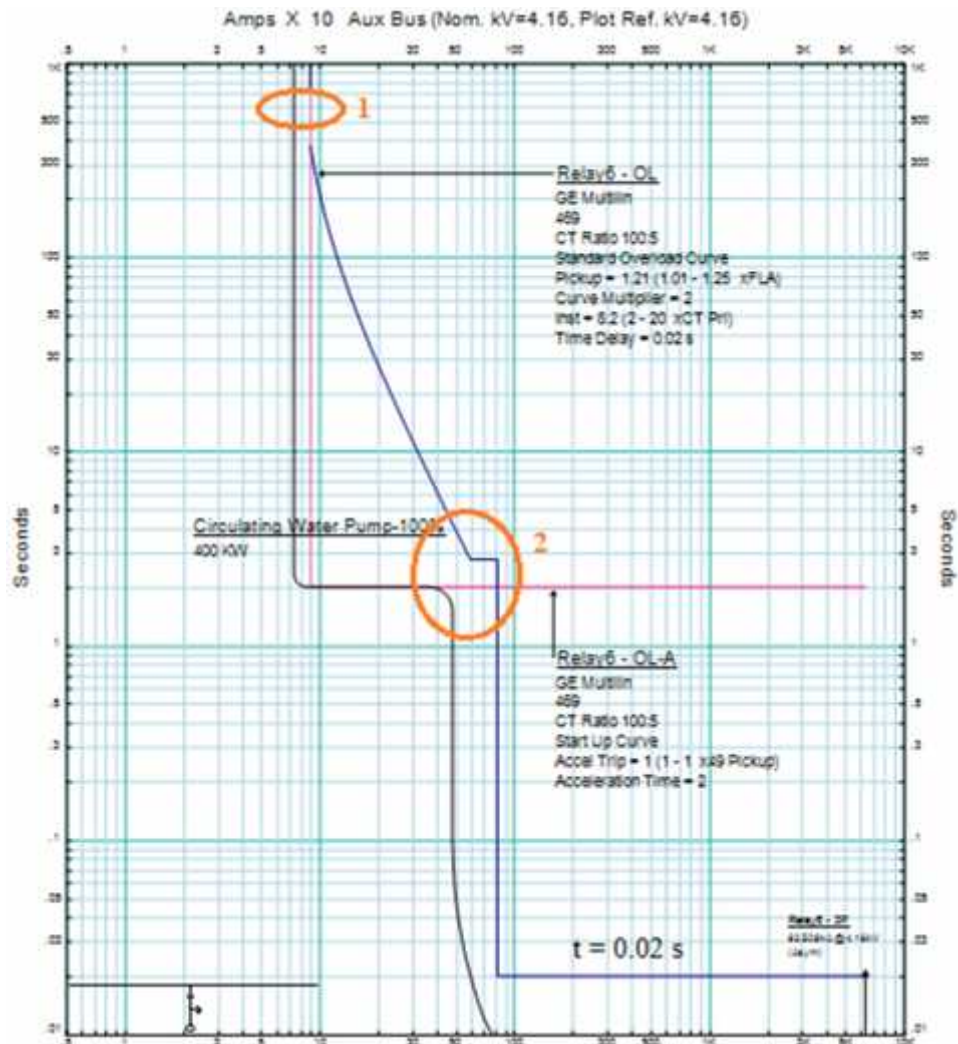
Pada poin 1 terlihat bahwa posisi *pickup relay* berada di atas nilai FLA motor FDF dengan nilai FLA sebesar 201.7 A dan besar arus *pickup* sebesar 223.4 A (pada gambar posisi *pickup relay* di sebelah kanan FLA motor FDF). Hal ini sesuai karena *relay* bekerja pada arus gangguan yang melebihi nilai FLA motor BFP sesuai pengaturan nilai *pickup relay*. Waktu operasi *relay* berlangsung selama 0.02 detik.

Poin 2

Berdasarkan gambar 4.9 di atas, juga dapat di analisis sebagai berikut.

Pada poin 2 terlihat bahwa kurva *relay* berada di atas *starting curve* di dalam gambar kurva *relay* terletak di sebelah kanan *starting curve*. Hal ini sesuai karena *relay* tidak bekerja ketika keadaan *starting motor* yang menarik arus sangat tinggi dengan waktu yang relatif singkat, sehingga arus yang tinggi tersebut bukan dideteksi sebagai gangguan.

3. Circulating Water Pump (CWP)



Gambar 4.10. Hasil *Resetting Relay Motor Circulating Water Pump* (CWP)

Poin 1

Berdasarkan hasil *resetting relay motor circulating water pump* (CWP) seperti pada gambar 4.10 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

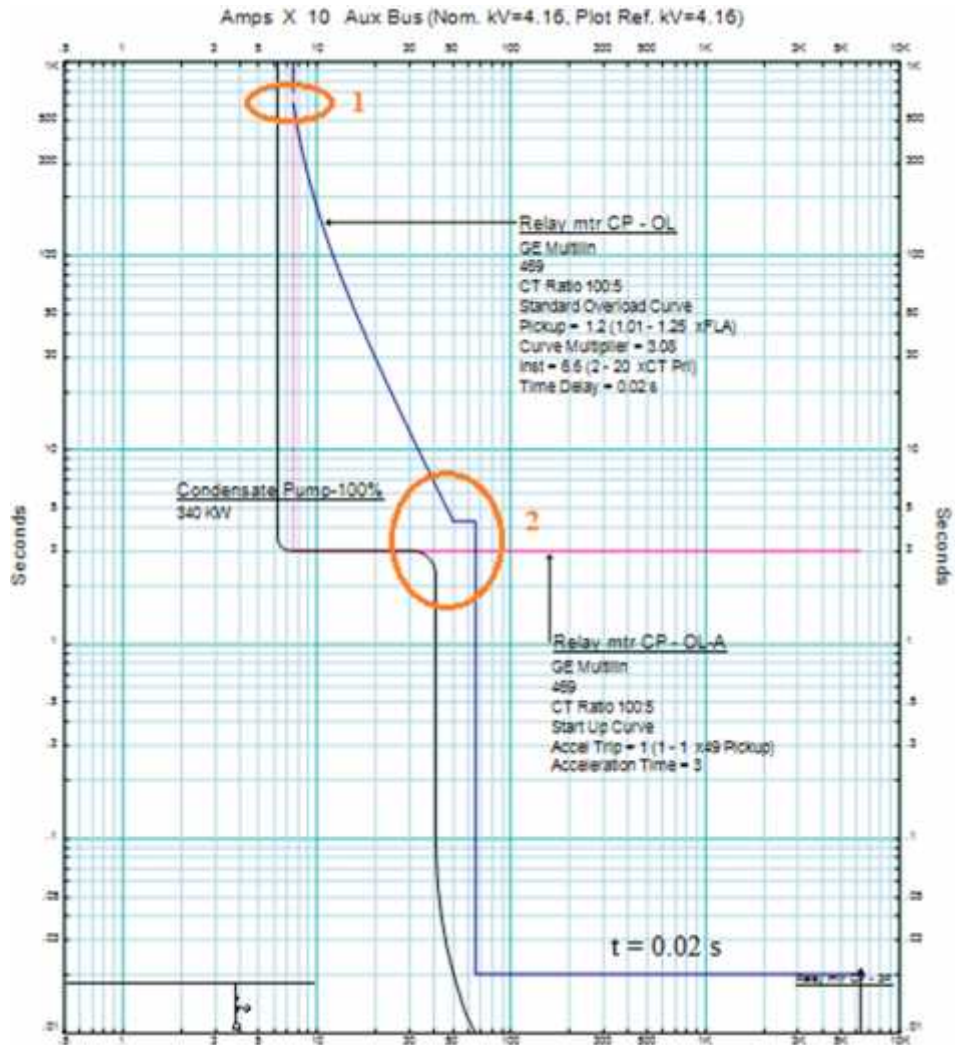
Pada poin 1 terlihat bahwa posisi *pickup relay* berada di atas nilai FLA motor CWP dengan nilai FLA sebesar 72.6 A dan nilai arus *pickup* sebesar 87.8 A (pada gambar posisi *pickup relay* di sebelah kanan FLA motor CWP). Hal ini sesuai karena *relay* bekerja pada arus gangguan yang melebihi nilai FLA motor CWP sesuai pengaturan nilai *pickup relay*. Waktu operasi *relay* berlangsung selama 0.02 detik.

Poin 2

Berdasarkan gambar 4.10 di atas, juga dapat di analisis sebagai berikut.

Pada poin 2 terlihat bahwa kurva *relay* berada di atas *starting curve* di dalam gambar kurva *relay* terletak di sebelah kanan *starting curve*. Hal ini sesuai karena *relay* tidak bekerja ketika keadaan *starting motor* yang menarik arus sangat tinggi dengan waktu yang relatif singkat, sehingga arus yang tinggi tersebut bukan dideteksi sebagai gangguan.

4. Condensate Pump (CP)



Gambar 4.11. Hasil *Resetting Relay Motor Condensate Pump (CP)*

Poin 1

Berdasarkan hasil *resetting relay motor condensate pump (CP)* seperti pada gambar 4.11 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

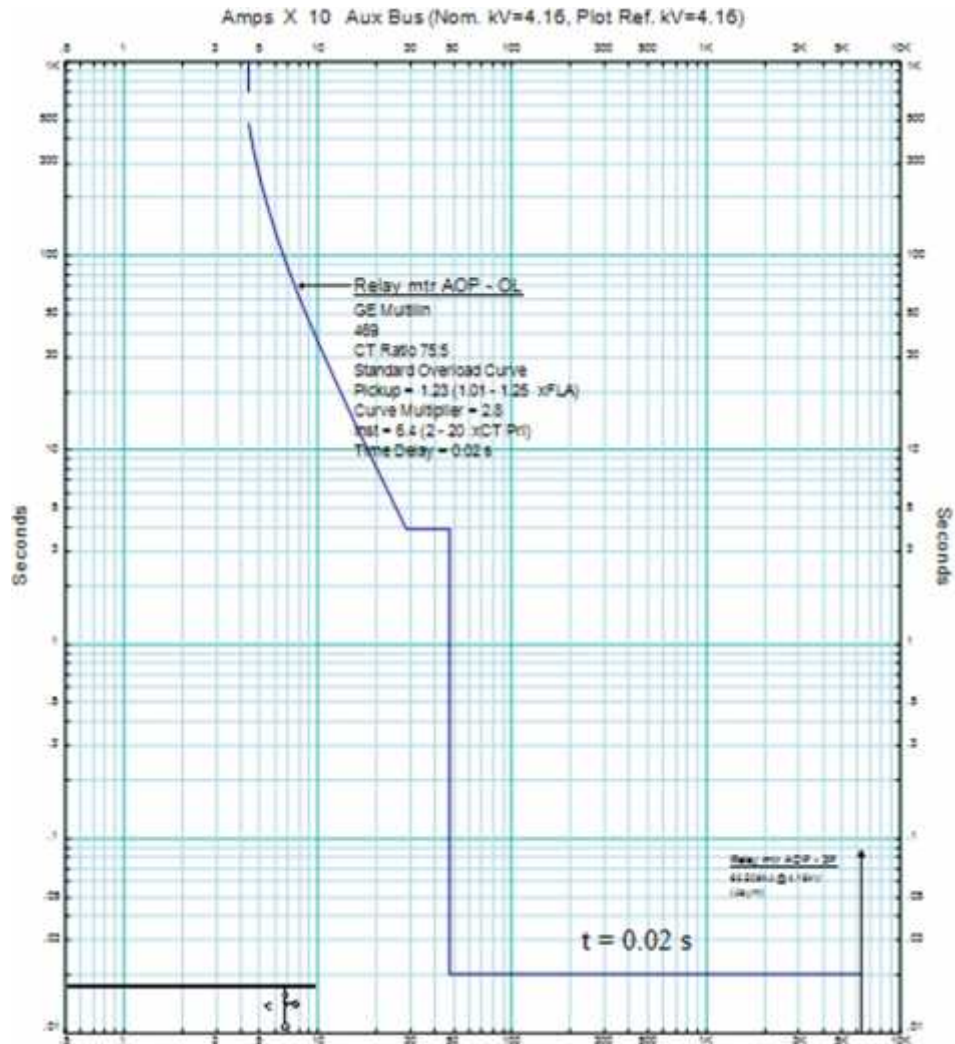
Pada poin 1 terlihat bahwa posisi *pickup relay* berada di atas nilai FLA motor CP dengan nilai FLA sebesar 62.3 A dan besar arus *pickup* sebesar 73.5A (pada gambar posisi *pickup relay* di sebelah kanan FLA motor CP). Hal ini sesuai karena *relay* bekerja pada arus gangguan yang melebihi nilai FLA motor CP sesuai pengaturan nilai *pickup relay*. Waktu operasi *relay* berlangsung selama 0.02 detik.

Poin 2

Berdasarkan gambar 4.11 di atas, juga dapat di analisis sebagai berikut.

Pada poin 2 terlihat bahwa kurva *relay* berada di atas *starting curve* di dalam gambar kurva *relay* terletak di sebelah kanan *starting curve*. Hal ini sesuai karena *relay* tidak bekerja ketika keadaan starting motor yang menarik arus sangat tinggi dengan waktu yang relatif singkat, sehingga arus yang tinggi tersebut bukan dideteksi sebagai gangguan.

5. Auxiliary Oil Pump (AOP)



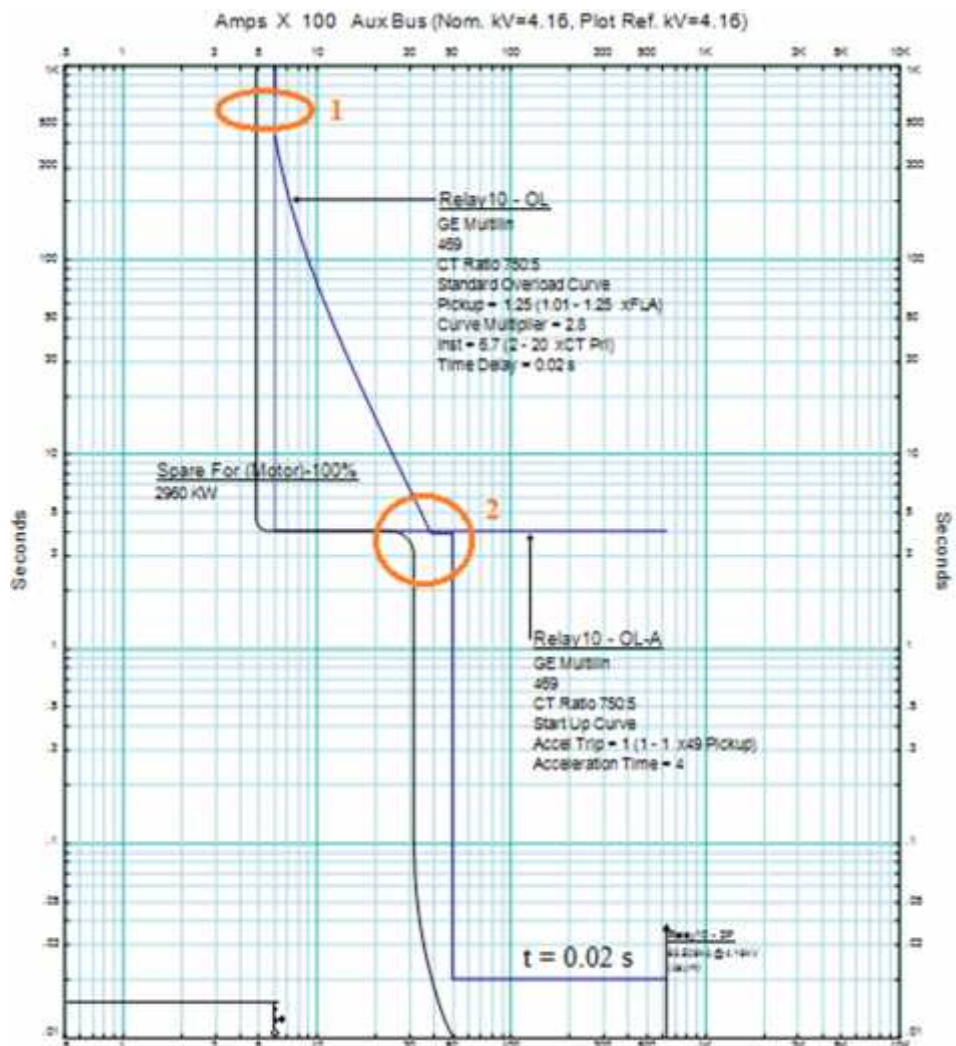
Gambar 4.12. Hasil *Resetting Relay* Motor Auxiliary Oil Pump (AOP)

Berdasarkan hasil *resetting relay* motor auxiliary oil pump (AOP) seperti pada gambar 4.12 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pada *relay* AOP ini pengaturan *acceleration time* pada motor AOP tidak diaktifkan, sehingga pada gambar di atas tidak muncul *starting curve* agar dapat di analisis apakah kurva *relay* tersebut sudah sesuai

atau belum. Namun untuk pengaturan *pickup relay* sendiri sudah sesuai karena pada pengaturan hitung manual untuk nilai FLA motor AOP sebesar 36 A dan pada gambar *pickup relay* AOP sebesar 43.5, sehingga sudah sesuai *relay* bekerja di atas nilai FLA motor AOP.

6. Spare for Motor (SFM)



Gambar 4.13. Hasil *Resetting Relay Motor Spare for Motor (SFM)*

Poin 1

Berdasarkan hasil *resetting relay motor spare for motor (SFM)* seperti pada gambar 4.13 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pada poin 1 terlihat bahwa posisi *pickup relay* berada di atas nilai FLA motor SFM dengan nilai FLA sebesar 485.5 A dan besar arus *pickup* sebesar 939.7 A (pada gambar posisi *pickup relay* di sebelah kanan FLA motor SFM). Hal ini sesuai karena *relay* bekerja pada arus gangguan yang melebihi nilai FLA motor SFM sesuai pengaturan nilai *pickup relay*. Waktu operasi *relay* berlangsung selama 0.08 detik.

Poin 2

Berdasarkan gambar 4.13 di atas, juga dapat di analisis sebagai berikut.

Pada poin 2 terlihat bahwa kurva *relay* berada di atas *starting curve* di dalam gambar kurva *relay* terletak di sebelah kanan *starting curve*. Hal ini sesuai karena *relay* tidak bekerja ketika keadaan *starting motor* yang menarik arus sangat tinggi dengan waktu yang relatif singkat, sehingga arus yang tinggi tersebut bukan dideteksi sebagai gangguan.

4.6.4. Relay Feeder (Bus 4.16 kV)

Pada *setting relay bus tie* 4.16 kV tidak terdapat nilai *time dial*, sehingga terlebih dahulu akan dilakukan penghitungan nilai *time dial* pada *relay bus tie* 4.16 kV tersebut.

) *Setting relay feeder (bus tie) 4.16 kV*

Jenis Relay = SR 750 Ge Mutilin

Rasio CT = 4000/5

Pick up = 0.8 pu

Kurva = IEC Curve B

Isc max = 63509 A

Untuk mengetahui nilai arus *pickup* dapat diperoleh dengan rumus berikut:

$I_{pickup} = pickup \text{ (pu)} \times \text{rasio CT}$

$I_{pickup} = 0.8 \times 4000$

$I_{pickup} = 3200 \text{ A}$

) Menghitung *time dial multiplier* (TDM)

Waktu operasi (t) = Waktu starting motor terbesar + waktu antara dua buah *relay* bekerja (standar IEEE = 0.2 – 0.4 s) dipilih 0.3 detik

Waktu operasi (t) = 4 + 0.3

Waktu operasi (t) = 4.3 detik

$$\text{TDM} = T \left[\frac{\left(\frac{I_f}{I_p}\right)^1 - 1}{1.5} \right]$$

$$\text{TDM} = 4.3 \left[\frac{\left(\frac{6}{3}\right)^1 - 1}{1.5} \right]$$

$$\text{TDM} = 6.002 \approx 6$$

) *Instantaneous Pickup*

$$1.05 \times \text{Isc Min bus 4.16 kV} \quad \text{Iset} \quad 1.3 \times \text{Isc Min bus 4.16 kV}$$

$$1.05 \times 16832 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 1.3 \times 16832 \text{ A}$$

$$17673.6 \text{ A} \quad \text{Iset} \quad 21881.6 \text{ A}$$

$$\text{Dipilih Iset} = 19000 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = \frac{I}{C \cdot P}$$

$$\text{Tap} = \frac{1}{4}$$

$$\text{Tap} = 4.75$$

) *Time Delay*

Time delay relay bus feeder = *time delay* motor terbesar + waktu antara 2 buah *relay* bekerja (standar IEEE 0.2 – 0.4 s) dipilih 0.2 detik.

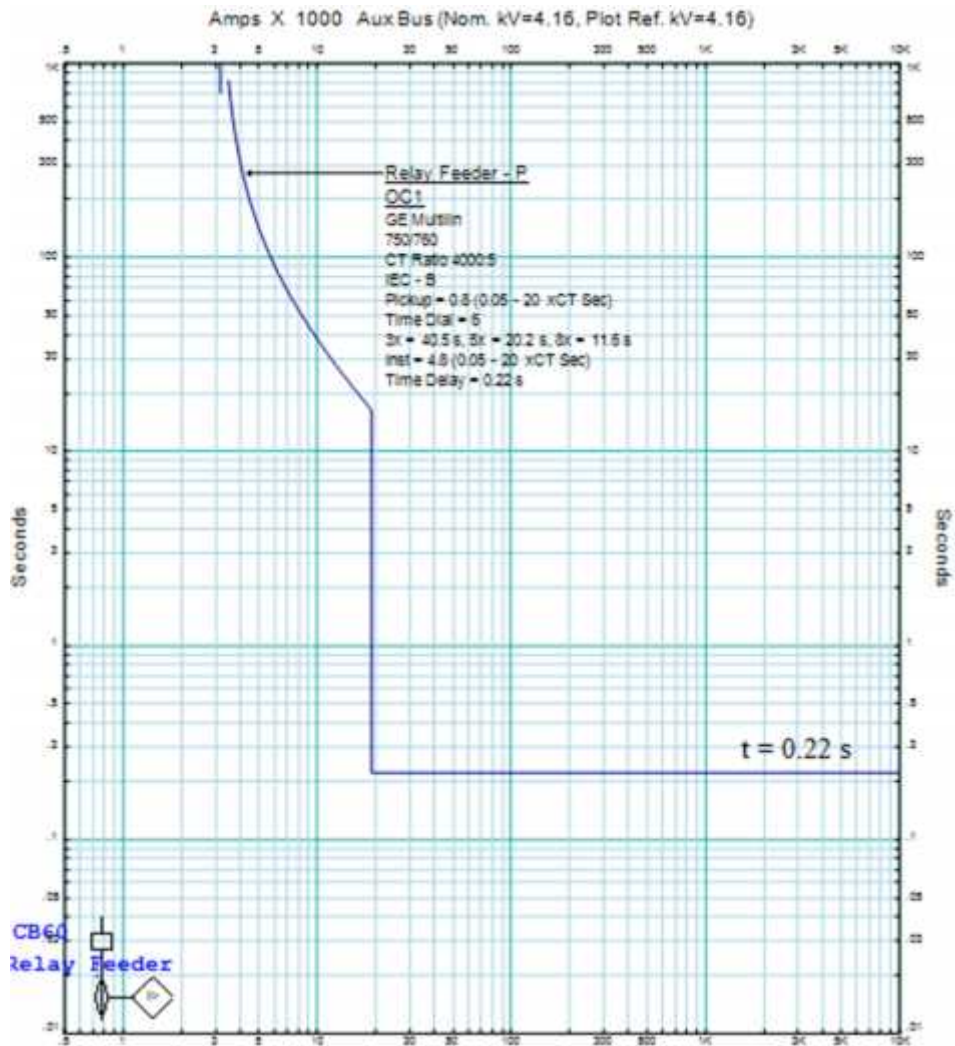
$$\text{Time delay relay bus feeder} = 0.02 + 0.2$$

$$\text{Time delay relay bus feeder} = 0.22 \text{ detik}$$

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Manual *Relay Feeder* 4.16 kV

<i>Setting</i>	<i>Nilai Setting Auxiliary transformer</i>
Kurva	IEC <i>Curve</i> B
<i>Pickup</i>	0.8 pu
<i>Time Dial Multiplier (TDM)</i>	6
<i>Instantaneous</i>	4.75 pu
<i>Time Delay</i>	0.22 s

Sehingga hasil plot *relay feeder (bus tie)* 4.16 kV adalah sebagai berikut:



Gambar 4.14. Hasil Plot Setelan *Relay Feeder (Bus Tie)* 4.16 kV

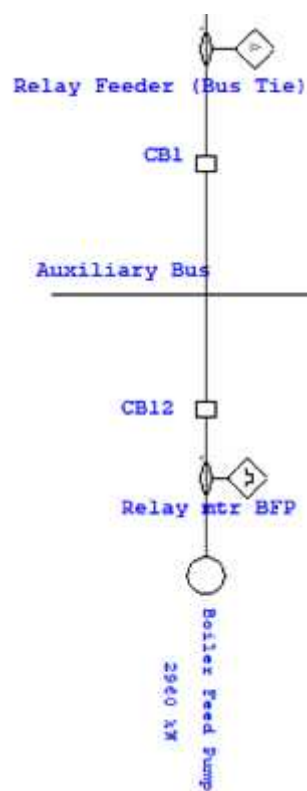
Berdasarkan gambar 4.14 di atas dapat dilihat bahwa waktu operasi *relay* sesuai pengaturan yaitu sebesar 0.22 detik.

4.7. Hasil Koordinasi *Relay Feeder* 4.16 kV hingga *Beban Motor* 4.16 kV

Berikut ditampilkan hasil koordinasi relay feeder 4.16 kV hingga beban motor 4.16 kV yang dianalisis menggunakan bantuan *software* ETAP 12.6

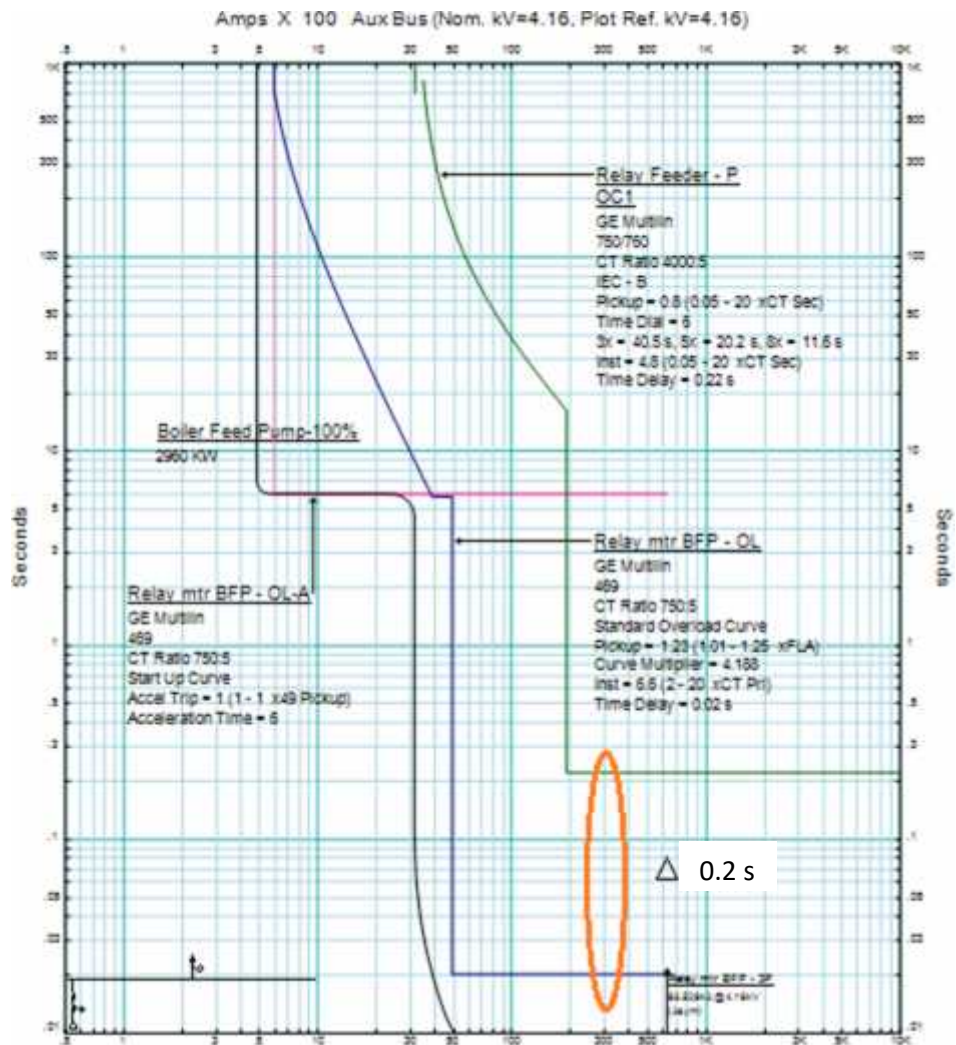
4.7.1. Koordinasi Tipikal 1 (Feeder 4.16 kV hingga *Beban Motor Boiler Feed Pump*)

Berikut ditampilkan gambar *single line diagram* untuk koordinasi tipikal 1 (*feeder* 4.16 kV hingga beban motor *boiler feed pump*).



Gambar 4.15. *Single Line Diagram* Koordinasi *Relay* Tipikal 1

Dari *single line diagram* gambar di atas dapat dianalisis kinerja antar *relay* sesuai kurva arus lebih yang ditampilkan pada gambar 4.16 di bawah ini.



Gambar 4.16. Hasil Plot Koordinasi *Relay* Tipikal 1

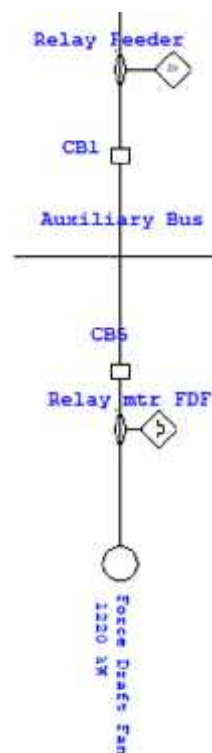
Berdasarkan hasil plot koordinasi *relay* tipikal 1 pada gambar 4.16 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Hasil dari koordinasi *relay* antara *relay* motor *boiler feed pump* sebagai pengaman utama motor *boiler feed pump* dan *relay feeder* sebagai *relay backup* bekerja baik, mengacu pada standar IEEE Std 242-1986 (batas waktu kerja antara dua buah *relay*: 0.2 s – 0.4 s), dimana batas waktu antara *relay* motor *boiler feed pump* dan *relay feeder* sebesar 0.2

detik. Jadi, ketika *relay* pengaman utama motor *boiler feed pump* bekerja dari mulai *relay* mendeteksi gangguan hingga kontak *circuit breaker* terbuka waktu yang dibutuhkan selama 0.02 detik, selang waktu 0.2 detik *relay* pengaman utama tidak bekerja maka *relay backup* yang akan bekerja pada waktu 0.22 detik.

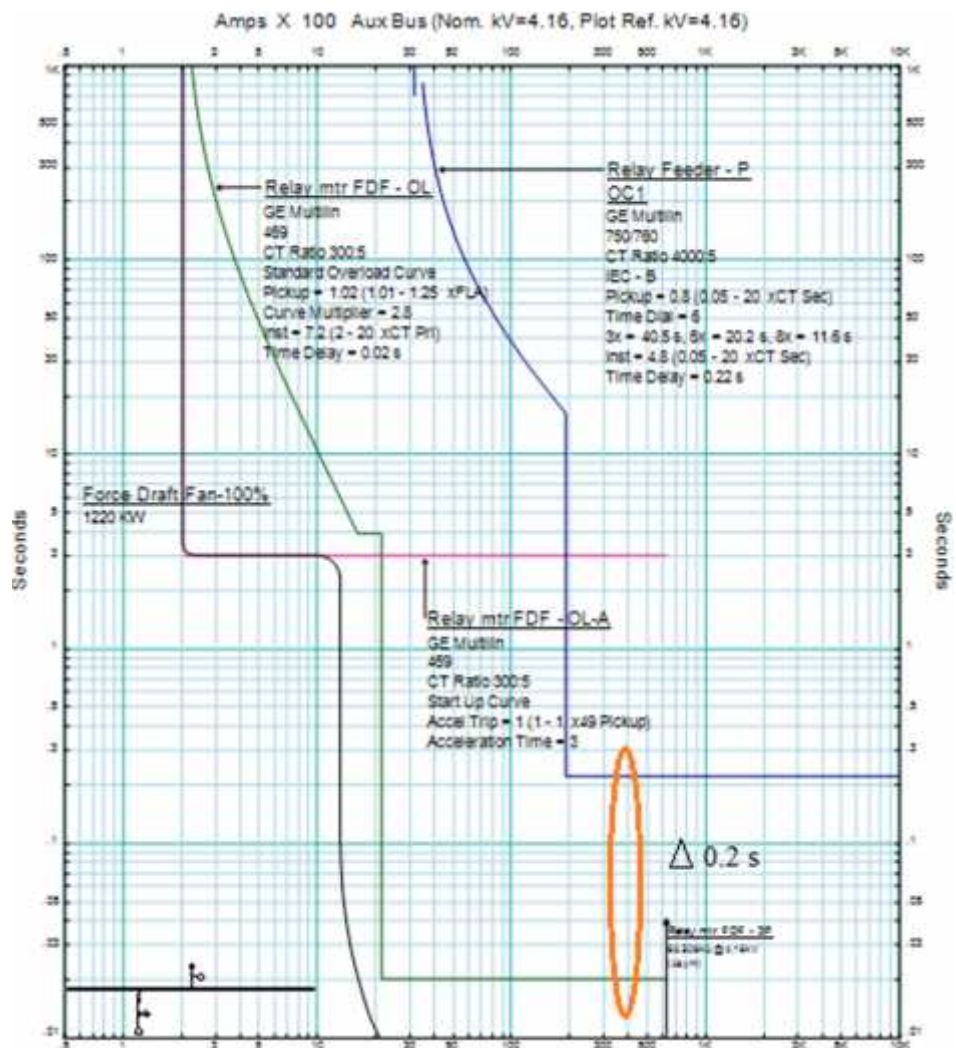
4.7.2. Koordinasi Tipikal 2 (*Feeder 4.16 kV hingga Beban Motor Forced Draft Fan*)

Berikut ditampilkan gambar *single line diagram* untuk koordinasi tipikal 2 (*feeder 4.16 kV hingga beban motor forced draft fan*).



Gambar 4.17. *Single Line Diagram* Koordinasi *Relay* Tipikal 2

Dari *single line diagram* gambar di atas dapat dianalisis kinerja antar *relay* sesuai kurva arus lebih yang ditampilkan pada gambar 4.18 di bawah ini.



Gambar 4.18. Hasil Plot Koordinasi *Relay* Tipikal 2

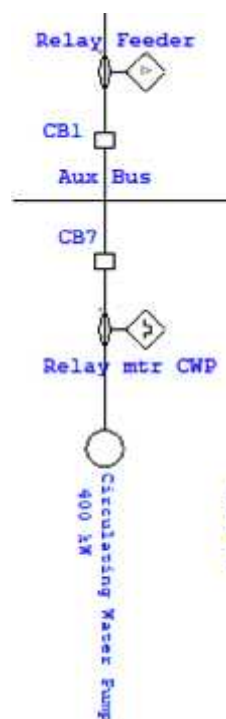
Berdasarkan hasil plot koordinasi *relay* tipikal 2 pada gambar 4.18 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Hasil dari koordinasi *relay* antara *relay* motor *force draft fan* sebagai pengaman utama motor *forced draft fan* dan *relay feeder* sebagai *relay backup* bekerja baik, mengacu pada standar IEEE Std 242-1986

(dimana rentang waktu kerja antara dua buah *relay*: 0.2 s – 0.4 s), dimana batas waktu antara *relay* motor *forced draft fan* dan *relay feeder* sebesar 0.2 detik. Jadi, ketika *relay* pengaman utama motor *forced draft fan* bekerja dari mulai *relay* mendeteksi gangguan hingga kontak *circuit breaker* terbuka waktu yang dibutuhkan selama 0.02 detik, selang waktu 0.2 detik *relay* pengaman utama tidak bekerja maka *relay backup* yang akan bekerja pada waktu 0.22 detik.

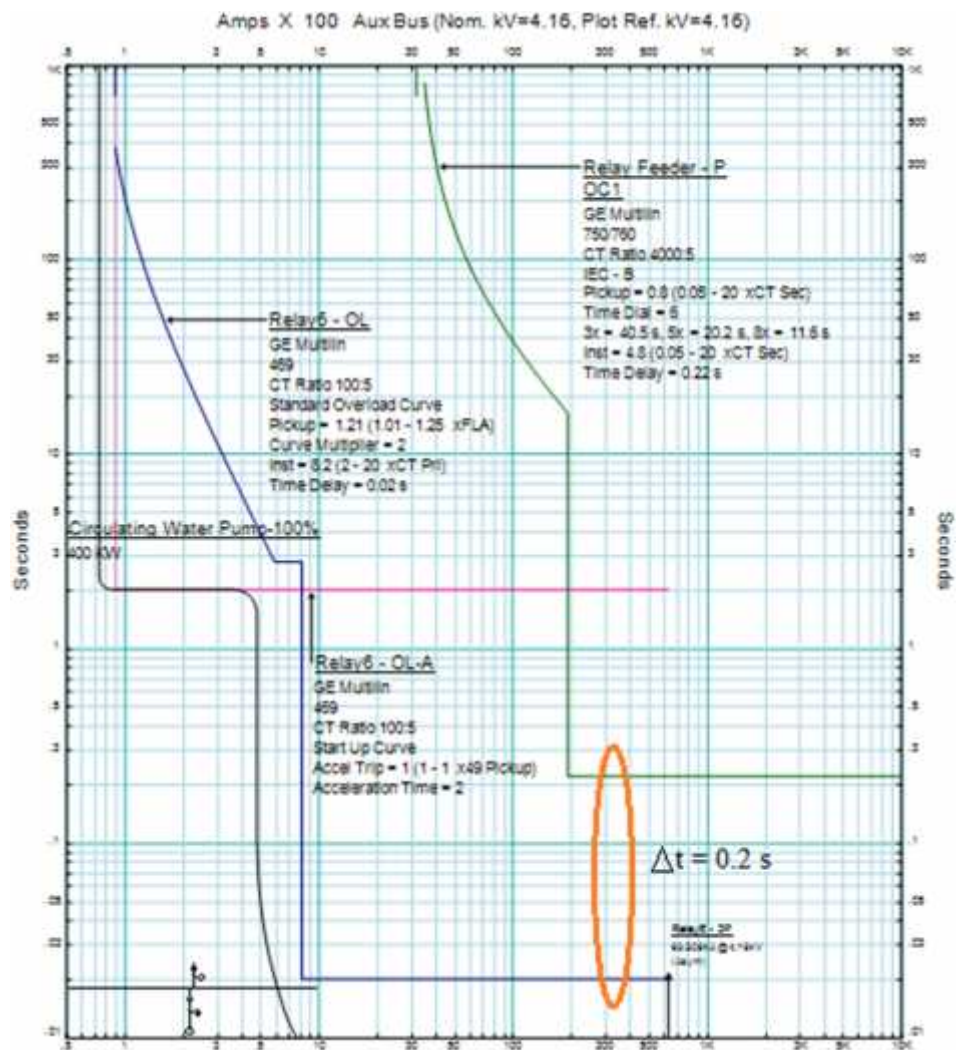
4.7.3. Koordinasi Tipikal 3 (*Feeder 4.16 kV* hingga *Beban Motor Circulating Water Pump*)

Berikut ditampilkan gambar *single line diagram* untuk koordinasi tipikal 3 (*feeder 4.16 kV* hingga beban motor *circulating water pump*).



Gambar 4.19. *Single Line Diagram* Koordinasi *Relay* Tipikal 3

Dari *single line diagram* gambar di atas dapat dianalisis kinerja antar *relay* sesuai kurva arus lebih yang ditampilkan pada gambar 4.20 di bawah ini.



Gambar 4.20. Hasil Plot Koordinasi *Relay* Tipikal 3

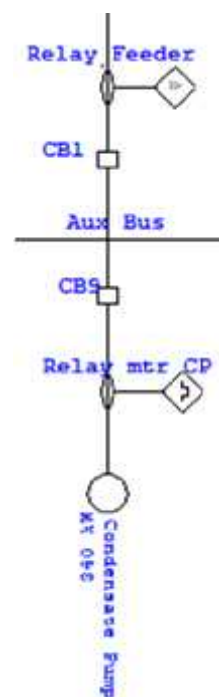
Berdasarkan hasil plot koordinasi *relay* tipikal 3 pada gambar 4.20 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Hasil dari koordinasi *relay* antara *relay* motor *circulating water pump* sebagai pengaman utama motor *circulating water pump* dan *relay feeder* sebagai *relay backup* bekerja baik, mengacu pada standar IEEE Std

242-1986 (dimana rentang waktu kerja antara dua buah *relay*: 0.2 s – 0.4 s), dimana batas waktu antara *relay* motor *circulating water pump* dan *relay feeder* sebesar 0.2 detik. Jadi, ketika *relay* pengaman utama motor *circulating water pump* bekerja dari mulai *relay* mendeteksi gangguan hingga kontak *circuit breaker* terbuka waktu yang dibutuhkan selama 0.02 detik, selang waktu 0.2 detik *relay* pengaman utama tidak bekerja maka *relay backup* yang akan bekerja pada waktu 0.22 detik.

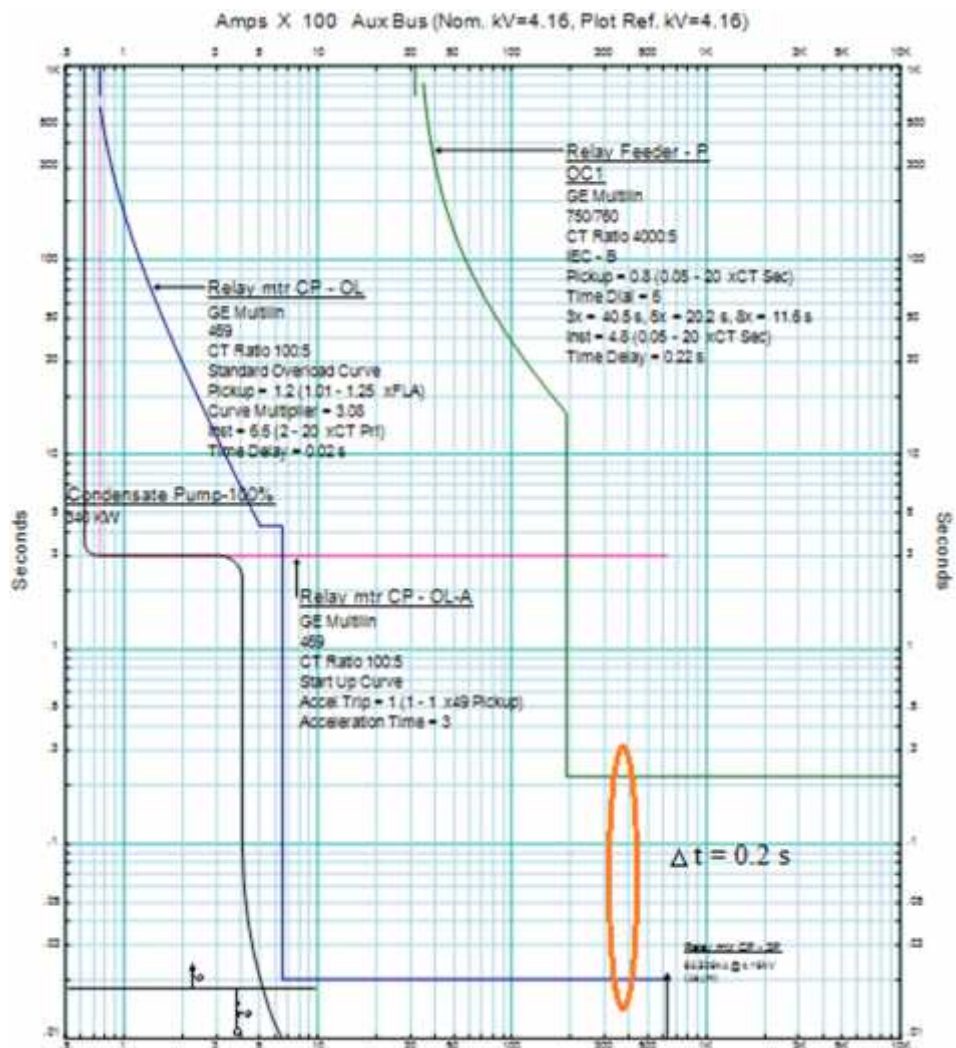
4.7.4. Koordinasi Tipikal 4 (*Feeder 4.16 kV* hingga *Beban Motor Condensate Pump*)

Berikut ditampilkan gambar *single line diagram* untuk koordinasi tipikal 4 (*feeder 4.16 kV* hingga beban motor *condensate pump*).



Gambar 4.21. *Single Line Diagram* Koordinasi *Relay* Tipikal 4

Dari *single line diagram* gambar di atas dapat dianalisis kinerja antar *relay* sesuai kurva arus lebih yang ditampilkan pada gambar 4.22 di bawah ini.



Gambar 4.22. Hasil Plot Koordinasi *Relay* Tipikal 4

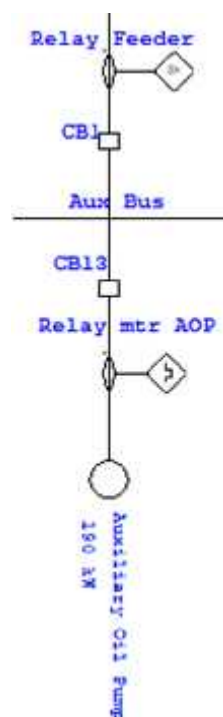
Berdasarkan hasil plot koordinasi *relay* tipikal 4 pada gambar 4.22 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Hasil dari koordinasi *relay* antara *relay* motor *condensate pump* sebagai pengaman utama motor *condensate pump* dan *relay feeder* sebagai *relay backup* bekerja baik, mengacu pada standar IEEE Std 242-1986

(dimana rentang waktu kerja antara dua buah *relay*: 0.2 s – 0.4 s), dimana batas waktu antara *relay* motor *condensate pump* dan *relay feeder* sebesar 0.2 detik. Jadi, ketika *relay* pengaman utama motor *condensate pump* bekerja dari mulai *relay* mendeteksi gangguan hingga kontak *circuit breaker* terbuka waktu yang dibutuhkan selama 0.02 detik, selang waktu 0.2 detik *relay* pengaman utama tidak bekerja maka *relay backup* yang akan bekerja pada waktu 0.22 detik.

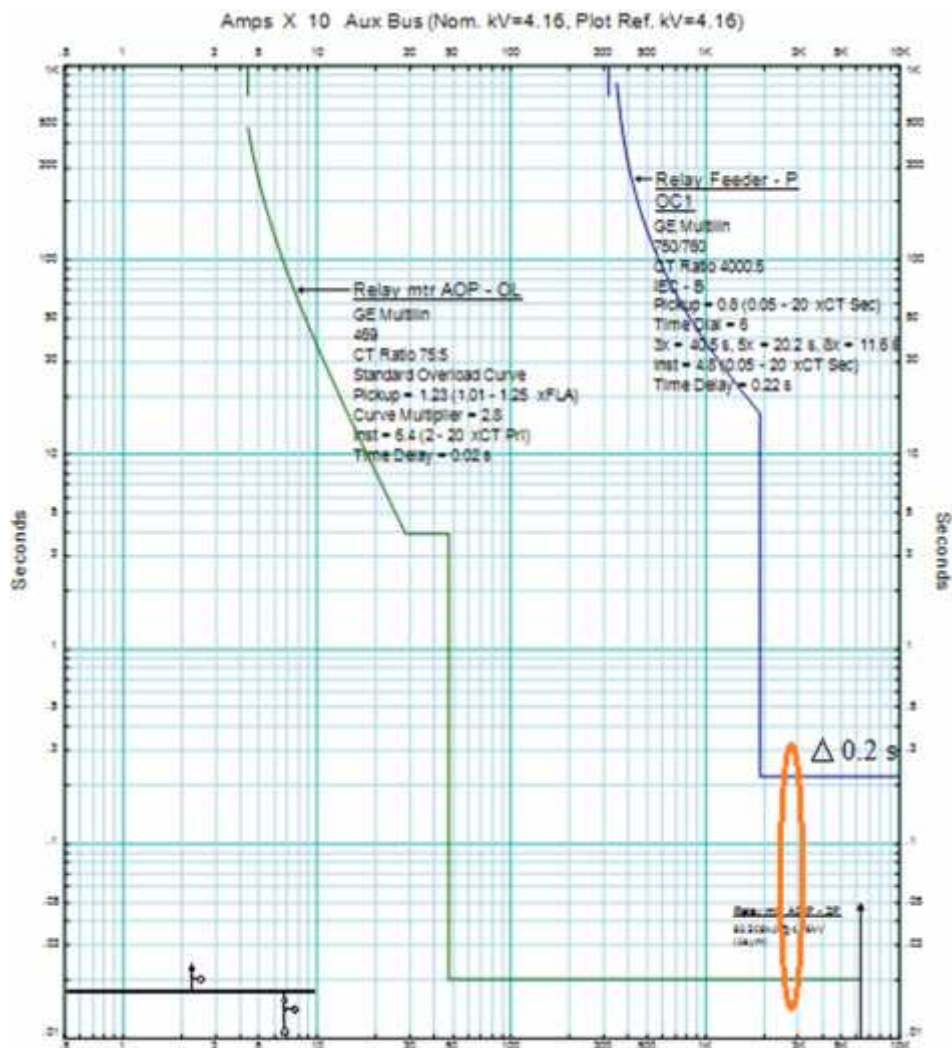
4.7.5. Koordinasi Tipikal 5 (*Feeder 4.16 kV* hingga *Beban Motor Auxiliary Oil Pump*)

Berikut ditampilkan gambar *single line diagram* untuk koordinasi tipikal 5 (*feeder 4.16 kV* hingga beban motor *auxiliary oil pump*).



Gambar 4.23. *Single Line Diagram* Koordinasi *Relay* Tipikal 5

Dari *single line diagram* gambar di atas dapat dianalisis kinerja antar *relay* sesuai kurva arus lebih yang ditampilkan pada gambar 4.24 di bawah ini.



Gambar 4.24. Hasil Plot Koordinasi *Relay* Tipikal 5

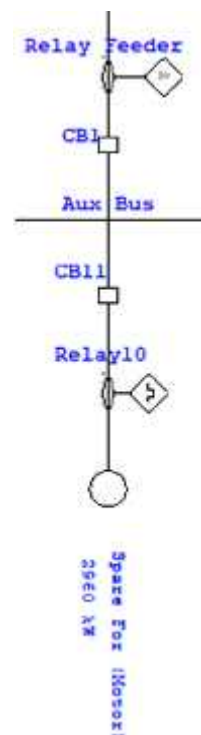
Berdasarkan hasil plot koordinasi *relay* tipikal 5 pada gambar 4.24 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Hasil dari koordinasi *relay* antara *relay* motor *auxiliary oil pump* sebagai pengaman utama motor *auxiliary oil pump* dan *relay feeder* sebagai *relay backup* bekerja baik, mengacu pada standar IEEE Std 242-

1986 (dimana rentang waktu kerja antara dua buah *relay*: 0.2 s – 0.4 s), dimana batas waktu antara *relay* motor *auxiliary oil pump* dan *relay feeder* sebesar 0.2 detik. Jadi, ketika *relay* pengaman utama motor *auxiliary oil pump* bekerja dari mulai *relay* mendeteksi gangguan hingga kontak *circuit breaker* terbuka waktu yang dibutuhkan selama 0.02 detik, selang waktu 0.2 detik *relay* pengaman utama tidak bekerja maka *relay backup* yang akan bekerja pada waktu 0.22 detik.

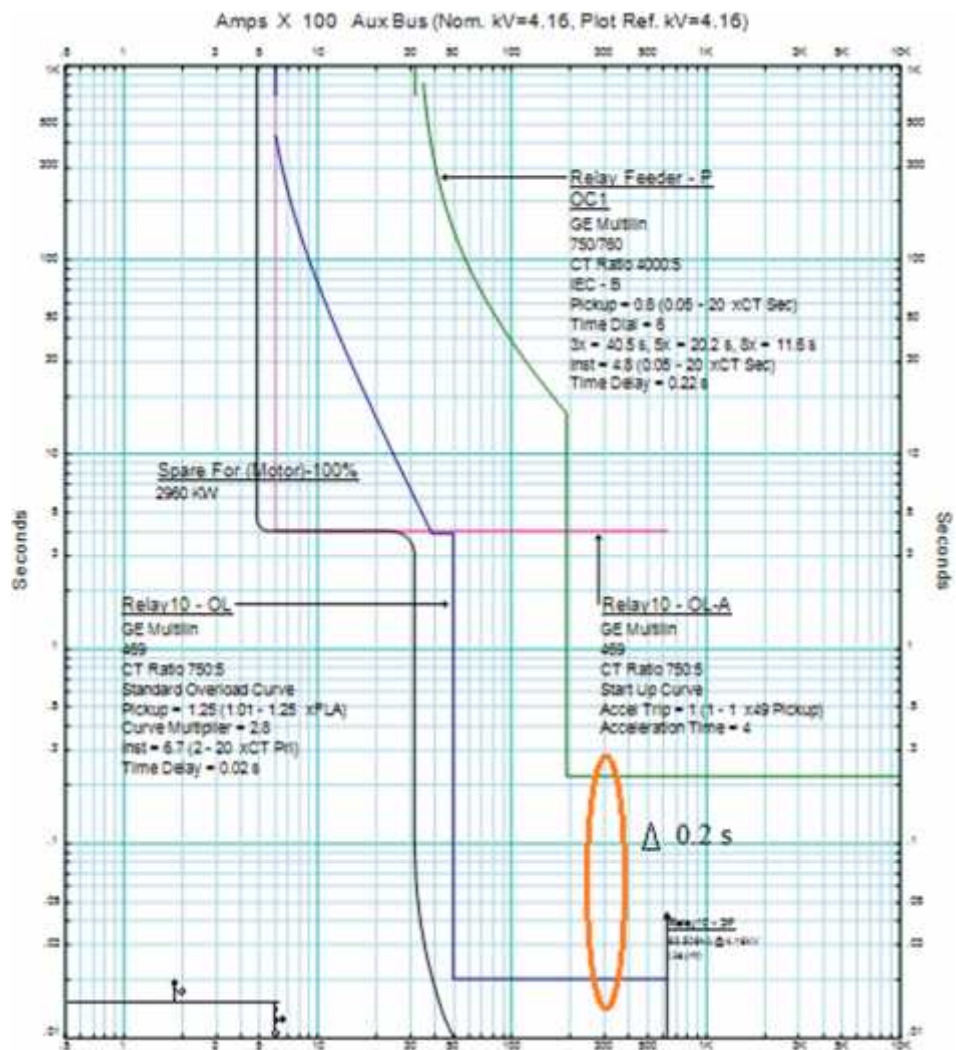
4.7.6. Koordinasi Tipikal 6 (*Feeder 4.16 kV hingga Beban Motor (Spare for Motor)*)

Berikut ditampilkan gambar *single line diagram* untuk koordinasi tipikal 6 (*feeder 4.16 kV hingga beban motor spare for motor*).



Gambar 4.25. *Single Line Diagram* Koordinasi *Relay* Tipikal 6

Dari *single line diagram* gambar di atas dapat dianalisis kinerja antar *relay* sesuai kurva arus lebih yang ditampilkan pada gambar 4.26 di bawah ini.



Gambar 4.26. Hasil Plot Koordinasi *Relay* Tipikal 6

Berdasarkan hasil plot koordinasi *relay* tipikal 6 pada gambar 4.26 di atas, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

Hasil dari koordinasi *relay* antara *relay* motor *spare for motor* sebagai pengaman utama motor *spare for motor* dan *relay feeder* sebagai *relay backup* bekerja baik, mengacu pada standar IEEE Std 242-1986

(dimana rentang waktu kerja antara dua buah *relay*: 0.2 s – 0.4 s), dimana batas waktu antara *relay motor spare for motor* dan *relay feeder* sebesar 0.2 detik. Jadi, ketika *relay* pengaman utama motor *spare (for motor)* bekerja dari mulai *relay* mendeteksi gangguan hingga kontak *circuit breaker* terbuka waktu yang dibutuhkan selama 0.02 detik, selang waktu 0.2 detik *relay* pengaman utama tidak bekerja maka *relay backup* yang akan bekerja pada waktu 0.22 detik.

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase [Symmetrical] fault on connector between CT12 & Boiler Feed Pump. Adjacent bus: Aux Bus

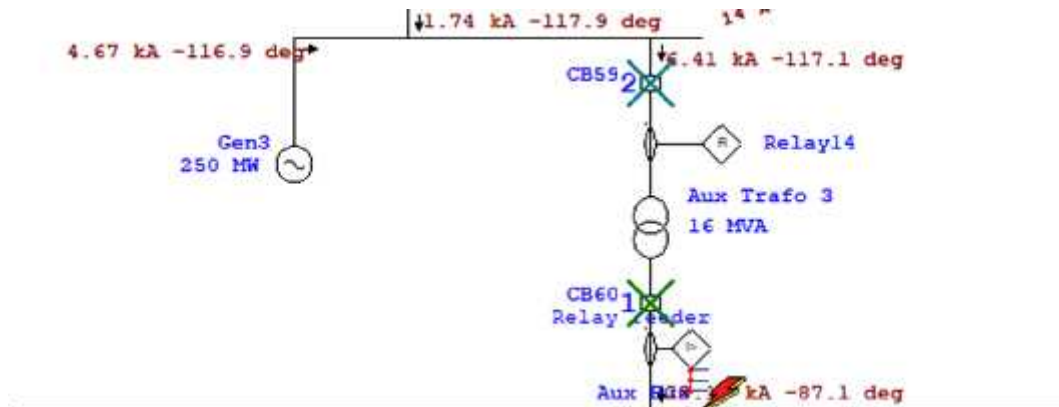
Data Rev.: Base Config: Normal Date: 25-01-2018

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
20.0	Relay mtr BFP	39.314	20.0		Overload Phase - Instantaneous
30.0	CB12		10.0		Tripped by Relay mtr BFP Overload Phase - Insta...
220	Relay Feeder	23.131	220		Phase - OC1 - 50
230	CB60		10.0		Tripped by Relay Feeder Phase - OC1 - 50
265	Relay14	6.415	265		Phase - OC1 - 51
275	CB59		10.0		Tripped by Relay14 Phase - OC1 - 51
2000	Relay6	0.551	2000		Overload Acceleration - Accel
2010	CB7		10.0		Tripped by Relay6 Overload Acceleration - Accel
3000	Relay mtr CP	0.47	3000		Overload Acceleration - Accel
3000	Relay mtr FDF	1.516	3000		Overload Acceleration - Accel
3000	Relay5	1.516	3000		Overload Acceleration - Accel
3010	CB5		10.0		Tripped by Relay mtr FDF Overload Acceleration - ...
3010	CB6		10.0		Tripped by Relay5 Overload Acceleration - Accel
3010	CB9		10.0		Tripped by Relay mtr CP Overload Acceleration - ...
4000	Relay10	3.625	4000		Overload Acceleration - Accel
4010	CB11		10.0		Tripped by Relay10 Overload Acceleration - Accel

Gambar 4.28. Laporan Kerja *Relay* pada Gangguan Beban Motor 4.16 kV

Pada gambar 4.27. dapat dijelaskan bahwa ketika terjadi gangguan di daerah beban motor, maka *relay* yang akan pertama kali bekerja adalah *relay* motor itu sendiri karena gangguan terbesar ada pada sekitar daerah motor. Pada contoh simulasi gangguan besar arus gangguan pada daerah sekitar motor sebesar 39.314 kA. Jika *relay* motor gagal bekerja maka *relay backup* yang akan bekerja, *relay backup* pertama terdapat pada *relay feeder* (bus 4.16 kV) dengan besar arus gangguan 21.131 kA, jika *relay feeder* juga gagal bekerja maka *relay* pada daerah *auxiliary transformer* yang akan bekerja dengan besar arus gangguan 6.415 kA. Dimana besar gangguan dapat dilihat pada laporan kerja *relay*.

4.8.2. Gangguan pada Daerah Bus 4.16 kV



Gambar 4.29. Simulasi Gangguan pada Daerah Bus 4.16 kV

Berdasarkan hasil simulasi gangguan pada daerah beban bus 4.16 kV dapat ditampilkan laporan kerja *relay* sesuai pada gambar 4.30 di bawah ini.

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Aux Bus

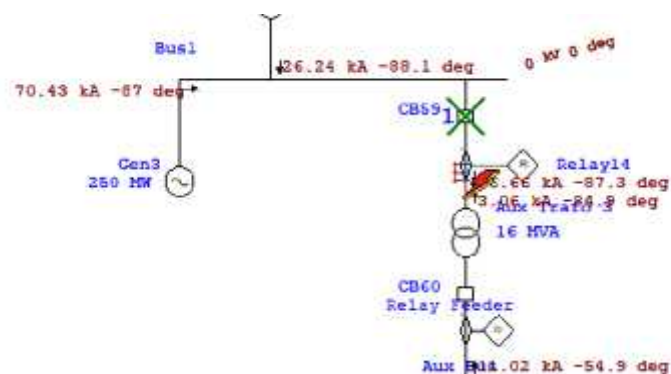
Data Rev.: Base Config: Normal Date: 26-01-2018

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
220	Relay Feeder	23.131	220		Phase - OC1 - 50
230	CB60		10.0		Tripped by Relay Feeder Phase - OC1 - 50
265	Relay14	6.415	265		Phase - OC1 - 51
275	CB59		10.0		Tripped by Relay14 Phase - OC1 - 51
2000	Relay6	0.551	2000		Overload Acceleration - Accel
2010	CB7		10.0		Tripped by Relay6 Overload Acceleration - Accel
3000	Relay mtr CP	0.47	3000		Overload Acceleration - Accel
3000	Relay mtr FDF	1.516	3000		Overload Acceleration - Accel
3000	Relay5	1.516	3000		Overload Acceleration - Accel
3010	CB5		10.0		Tripped by Relay mtr FDF Overload Acceleration - ...
3010	CB6		10.0		Tripped by Relay5 Overload Acceleration - Accel
3010	CB9		10.0		Tripped by Relay mtr CP Overload Acceleration - ...
4000	Relay10	3.625	4000		Overload Acceleration - Accel
4010	CB11		10.0		Tripped by Relay10 Overload Acceleration - Accel
4508	Relay mtr BFP	3.625	4508		Overload Phase - Thermal
4500	Relay2	3.625	4500		Overload Phase - Thermal

Gambar 4.30. Laporan Kerja *Relay* pada Gangguan Daerah Bus 4.16 kV

Pada gambar 4.29. dapat dijelaskan bahwa ketika terjadi gangguan di daerah bus 4.16 kV, maka *relay* yang akan pertama kali bekerja adalah *relay feeder* itu sendiri karena gangguan terbesar ada pada sekitar daerah bus 4.16 kV. Pada contoh simulasi gangguan besar arus gangguan pada daerah sekitar bus 4.16 kV sebesar 23.131 kA. Jika *relay feeder* gagal bekerja maka *relay* terdekat yang merasakan gangguan akan menjadi *relay backup*, dalam hal ini *relay auxiliary transformer* menjadi *relay backup* dengan merasakan arus gangguan sebesar 6.415 kA.

4.8.3. Gangguan pada Daerah *Auxiliary transformer*



Gambar 4.31. Simulasi Gangguan pada Daerah *Auxiliary transformer*

Berdasarkan hasil simulasi gangguan pada daerah beban *auxiliary transformer* dapat ditampilkan laporan kerja *relay* sesuai pada gambar 4.32 di bawah ini.

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between Aux Trafo 3 & CT59. Adjacent bus: Bus1

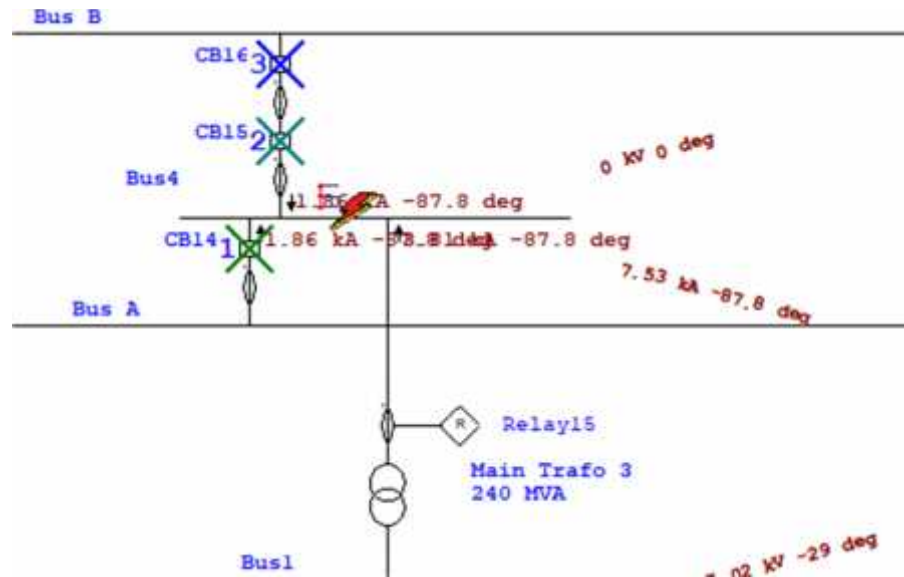
Data Rev.: Base Config: Normal Date: 26-01-2018

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
20.0	Relay14		20.0		Phase - 87
30.0	CB59		10.0		Tripped by Relay14 Phase - 87
190	Relay14	96.66	190		Phase - OC1 - 51
200	CB59		10.0		Tripped by Relay14 Phase - OC1 - 51
1810	Relay15	2.556	1810		Phase - OC1 - 51
1820	CB14		10.0		Tripped by Relay15 Phase - OC1 - 51
1820	CB15		10.0		Tripped by Relay15 Phase - OC1 - 51
1820	CB16		10.0		Tripped by Relay15 Phase - OC1 - 51
2000	Relay6	0.306	2000		Overload Acceleration - Accel
2010	CB7		10.0		Tripped by Relay6 Overload Acceleration - Accel
3000	Relay mtr CP	0.261	3000		Overload Acceleration - Accel
3000	Relay mtr FDF	0.843	3000		Overload Acceleration - Accel
3000	Relay5	0.843	3000		Overload Acceleration - Accel
3010	CB5		10.0		Tripped by Relay mtr FDF Overload Acceleration - ...
3010	CB6		10.0		Tripped by Relay5 Overload Acceleration - Accel
3010	CB8		10.0		Tripped by Relay mtr CP Overload Acceleration - ...

4.32. Laporan Kerja *Relay* pada Gangguan Daerah *Auxiliary transformer*

Pada gambar 4.31. dapat dijelaskan bahwa ketika terjadi gangguan pada daerah *auxiliary transformer*, maka *relay* yang akan pertama kali bekerja adalah daerah *auxiliary transformer*, maka *relay* yang akan pertama kali bekerja adalah *relay auxiliary transformer (relay 14)* itu sendiri karena gangguan terbesar ada pada sekitar *auxiliary transformer*. Pada contoh simulasi gangguan besar arus gangguan pada daerah sekitar *auxiliary transformer* sebesar 96.66 kA. *Relay* arus lebih pada *auxiliary transformer* sendiri merupakan *relay backup* yang menjadi *relay* utama pada *auxiliary transformer* sendiri ialah *relay* diferensial. Jadi, *relay* arus lebih akan bekerja jika *relay* diferensial gagal melakukan pengaman.

4.8.4. Gangguan pada Daerah *Main transformer*



Gambar 4.33. Simulasi Gangguan pada Daerah *Main Transformer*

Berdasarkan hasil simulasi gangguan pada daerah *main transformer* dapat ditampilkan laporan kerja *relay* sesuai pada gambar 4.34 di bawah ini.

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase [Symmetrical] fault on bus: Bus4

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 26-01-2018

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
705	Relay15	3.81	705		Phase - OC1 - 51
715	CB14		10.0		Tripped by Relay15 Phase - OC1 - 51
715	CB15		10.0		Tripped by Relay15 Phase - OC1 - 51
715	CB16		10.0		Tripped by Relay15 Phase - OC1 - 51
743	Relay14	1.627	743		Phase - OC1 - 51
753	CB59		10.0		Tripped by Relay14 Phase - OC1 - 51
2000	Relay6	0.163	2000		Overload Acceleration - Accel
2010	CB7		10.0		Tripped by Relay6 Overload Acceleration - Accel
3000	Relay mtr CP	0.139	3000		Overload Acceleration - Accel
3000	Relay mtr FDF	0.449	3000		Overload Acceleration - Accel
3000	Relay5	0.449	3000		Overload Acceleration - Accel
3010	CB5		10.0		Tripped by Relay mtr FDF Overload Acceleration - ...
3010	CB6		10.0		Tripped by Relay5 Overload Acceleration - Accel
3010	CB9		10.0		Tripped by Relay mtr CP Overload Acceleration - ...
4000	Relay10	1.073	4000		Overload Acceleration - Accel
4010	CB11		10.0		Tripped by Relay10 Overload Acceleration - Accel

Gambar 4.34. Laporan Kerja *Relay* pada Gangguan pada Daerah *Main Transformer*

Pada gambar 4.33. dapat dijelaskan bahwa ketika terjadi gangguan di daerah *main transformer*, maka *relay* yang akan pertama kali bekerja adalah *relay main transformer* itu sendiri (*relay* 15) karena gangguan terbesar ada pada sekitar daerah *main transformer*. Pada contoh simulasi gangguan besar arus gangguan pada daerah sekitar *main transformer* sebesar 3.81 kA. Sama halnya dengan penjelasan *relay auxiliary transformer*, pada *relay main transformer relay* arus lebih merupakan *relay backup* dan *relay diferensial* menjadi *relay* utama pengaman daerah *main transformer*.