

BAB IV

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data yang Diperoleh

Dalam penelitian ini menggunakan data *plant* 8 PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk yang telah dikumpulkan untuk menunjang dilakukannya perbaikan koordinasi pengaman rele OCR, Berikut adalah beberapa data yang di peroleh :

4.1.1. Data Kabel

Data kabel ini diperoleh dari data *sheet* perusahaan yang digunakan oleh PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk *Plant* 8 sesuai dengan IEC 60502-2 (XLPE).

Tabel 4.1 Data *Sheet* Kabel XLPE

Penampang Nominal	Ketebalan Isolator	Ketebalan Isolator Terluar	Diameter Keseluruhan	Karakteristik Konduktor	
				Resistansi	Reaktansi
mm	mm	Mm	mm	Ω/km	Ω/km
16	3,4	2,2	38,7	1,47	0,140
25	3,4	2,2	41,3	0,927	0,124
35	3,4	2,3	43,7	0,668	0,116
50	3,4	2,4	46,4	0,493	0,111
70	3,4	2,5	50,1	0,342	0,106
95	3,4	2,7	54,2	0,247	0,100
120	3,4	2,8	57,6	0,196	0,097
150	3,4	2,9	60,9	0,159	0,094
185	3,4	3,0	64,7	0,128	0,092
240	3,4	3,1	70,0	0,0984	0,089
300	3,4	3,3	75,6	0,0797	0,086
400	3,4	3,5	81,8	0,0639	0,083

Tabel 4.2 Data Kabel XLPE yang digunakan *Plant* 8

No	Nama Kabel	Penampang Nominal (mm)	Panjang Kabel (m)
1	Kabel 1	185	71
2	Kabel 2	400	71
3	Kabel 3	300	574
4	Kabel 4	70	76

5	Kabel 5	70	76
6	Kabel 6	300	343
7	Kabel 7	300	150
8	Kabel 12	240	200
9	Kabel 16	300	150
10	Kabel 19	400	76
11	Kabel 20	185	56
12	Kabel 23	400	107
13	Kabel 24	300	393
14	Kabel 26	70	92
15	Kabel 27	185	27
16	Kabel 28	150	48

4.1.2. Data Beban

Data beban diambil dari standart motor induksi IEC 12-2007. Berikut adalah data beban yang digunakan oleh PT Indocement tunggal Prakarsa Tbk *Plant 8* :

Tabel 4.3 Data *Sheet* Beban *Plant 8*

No	Nama Beban	Daya	Satuan	Eff (%)	Pf (%)
1	N2M 335	500	Kw	93,37	92,2
2	N2T 901	520	KVA	-	90
3	K2T 903	2.800	KVA	-	90
4	M243	3.200	Kw	93,37	92,2
5	M227	220	Kw	93,37	92,2
6	M060616	850	Kw	93,37	92,2
7	M060617	850	Kw	93,37	92,2
8	M1402	450	Kw	93,37	92,2
9	E2M 329	5.600	Kw	94,62	93,2
10	E2M 352	380	Kw	93,23	92,09
11	K2T 904	3.800	KVA	-	90
12	K2M 135	2.800	Kw	94,27	92,92

4.1.3. Data *Sheet* Transformator

Berikut ini adalah data transformator yang digunakan oleh *Plant 8* yang diambil dari dokumen pembukuan investasi :

Tabel 4.4 Data Transformator *Plant 8*

No	Daya Tranformator (MVA)	Tegangan Primer (kV)	Tegangan Sekunder (kV)	Frekuensi (Hz)	Impedansi (%)
1	20	33	6,6	50	10
2	6	6,6	0,4	50	7
3	2,5	6,6	0,4	50	7
4	2	6,6	0,4	50	7
5	1,6	6,6	0,4	50	6
6	1,250	6,6	0,4	50	5,5
7	0,8	6,6	0,4	50	4,5
8	0,630	6,6	0,4	50	4
9	0,4	6,6	0,4	50	4
10	0,250	6,6	0,4	50	4
11	0,1	6,6	0,4	50	4

4.1.4. Data Sumber Listrik *feeder Plant 8*

Plant 8 menggunakan dua *feeder* 33 kV yang digunakan untuk menyuplai energi listrik ke beban terpasang. Berikut ini adalah data sumber yang diambil dari pembukuan *Plant 8* :

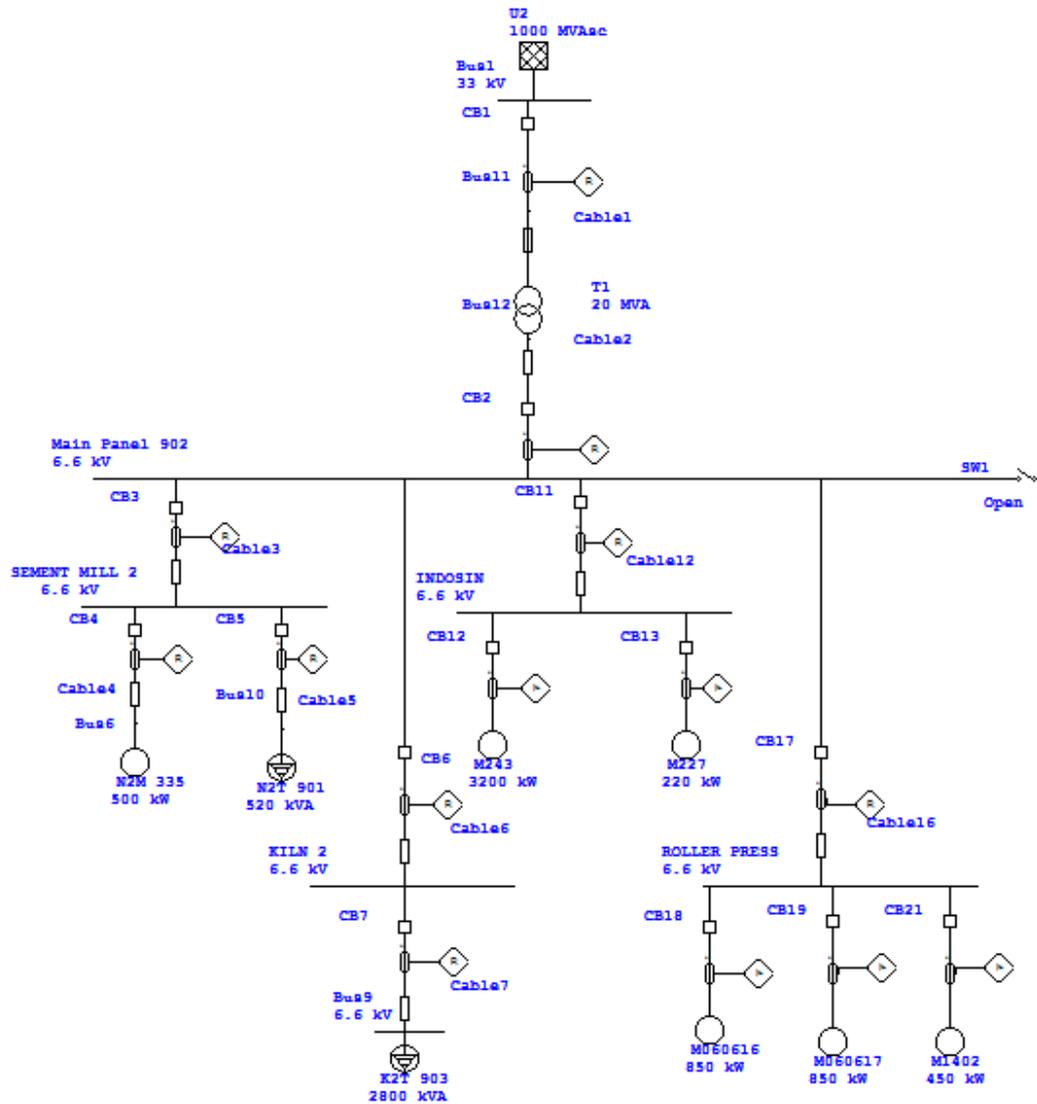
Tabel 4.5 Data Sumber PLN *Plant 8*

No	Nama <i>Feeder</i>	Daya Short Circuit (MVA _{sc})	Tegangan (kV)	Frekuensi (Hz)
1	<i>Feeder 1 (P 8.2)</i>	1000	33	50
2	<i>Feeder 2 (P 8.1)</i>	1000	33	50

4.1.5. Single Diagram *Plant 8*

Berikut ini adalah *single diagram* yang menggambarkan sistem jaringan kelistrikan yang ada pada *Plant 8*. *Single diagram* ini telah di gambarkan dengan aplikasi software ETAP 12.6 :

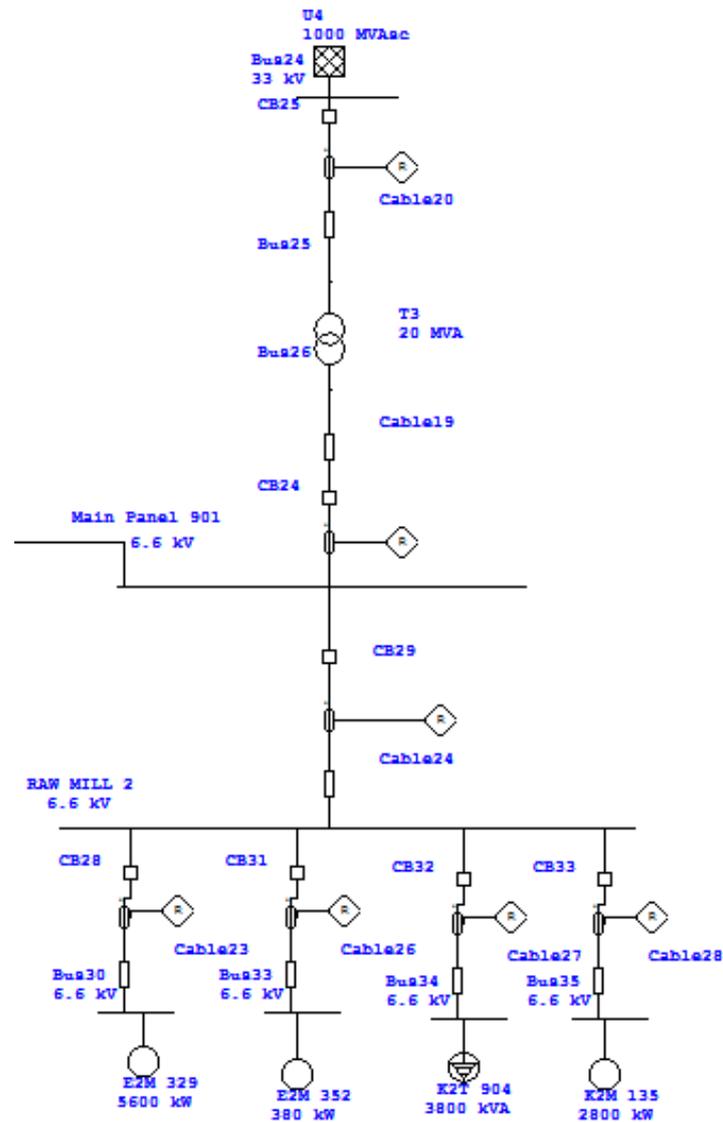
1. Feeder 1



Gambar 4.1 Single Diagram *Feeder 1* (P 8.2)

Power grid pada single diagram ini disuplai oleh PLN bertegangan 33 kV dengan daya hubung singkat sebesar 1000 MVA_{sc} yang mana sistem ini membagi kelistrikkannya menjadi 4(empat) bagian yaitu Sement Mill, Kiln 2, Indosin, dan Roller Press 2. Motor yang dipakai pada sistem ini adalah motor induksi.

2. Feeder 2



Gambar 4.2 Single Diagram *Feeder 2* (P 8.1)

Feeder 2 ini menyuplai listrik yang bertegangan 33 kV dan berdaya 1000 MVAAsc. Pada feeder ini hanya menyuplai bagian Raw Mill 2 dan akan menjadi cadangan listrik untuk komponen *feeder 1* apabila *feeder 1* mengalami gangguan, begitu juga sebaliknya.

4.1.6. Data Setting Rele OCR Plant 8

Sistem proteksi yang dilakukan untuk mengamankan sistem kelistrikan *Plant 8* salah satunya adalah dengan menggunakan *Over Current Relay* (OCR) yang dipasang pada setiap beban dan feeder. Berikut ini adalah data *setting* rele OCR yang ada pada *Plant 8* :

Tabel 4.6 Data *Setting* Rele OCR *Plant 8*

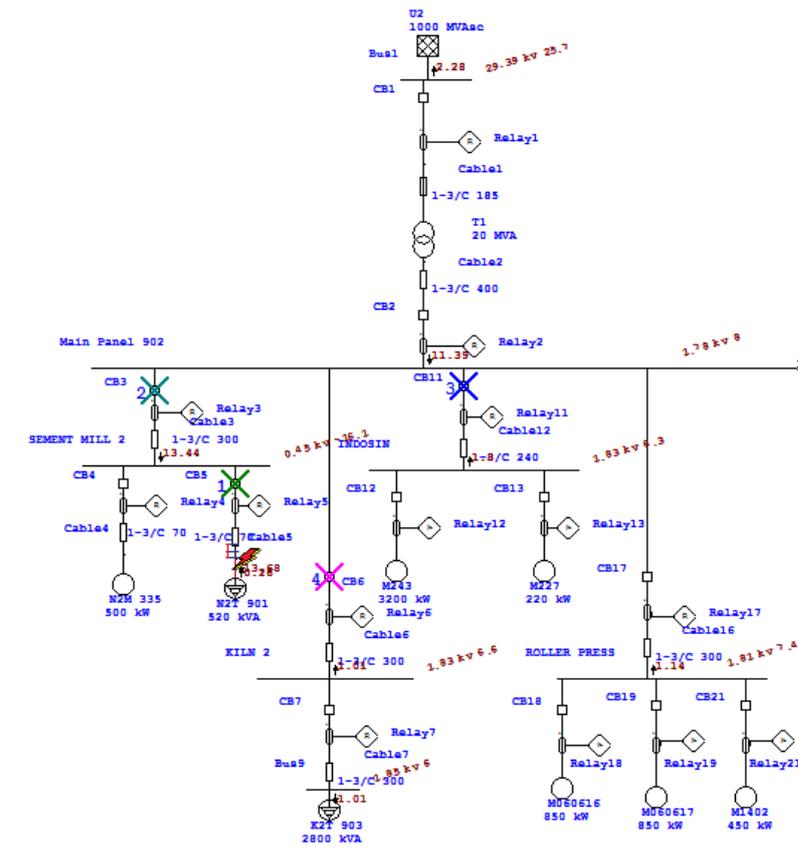
No	Nomor CB	rCT	Setting Rele Invers		Setting Rele Seketika	
			I>	TMS	I>>	Time Delay
<i>Feeder 1 (P 8.2)</i>						
1	CB 4	60/5	4	0,05	-	-
2	CB 5	50/5	6	0,3	24	0,05
3	CB 3	500/5	1,25	0,04	4	0,4
4	CB 7	500/5	4	0,4	-	-
5	CB 6	500/5	1,25	0,05	4	0,4
6	CB 12	-	-	-	-	-
7	CB 13	-	-	-	-	-
8	CB 11	800/5	1,25	0,05	4	0,4
9	CB 18	-	-	-	-	-
10	CB 19	-	-	-	-	-
11	CB 21	-	-	-	-	-
12	CB 17	600/5	5	0,05	12	0,05
13	CB 2	1800/5	4	0,7	-	-
14	CB 1	400/5	4	0,9	12	0,05
<i>Feeder 2 (P 8.1)</i>						
15	CB 28	600/5	4	0,05	-	-
16	CB 31	50/5	4	0,05	-	-
17	CB 32	350/5	4	0,3	16	0,05
18	CB 33	300/5	4	0,05	-	-
19	CB 29	1600/5	1,25	0,05	4	0,4
20	CB 24	1800/5	1,5	1,3	-	-
21	CB 25	400/5	4	0,9	12	0,05

4.2. Unjuk Kerja Sistem Pengaman OCR Sebelum *Resetting*

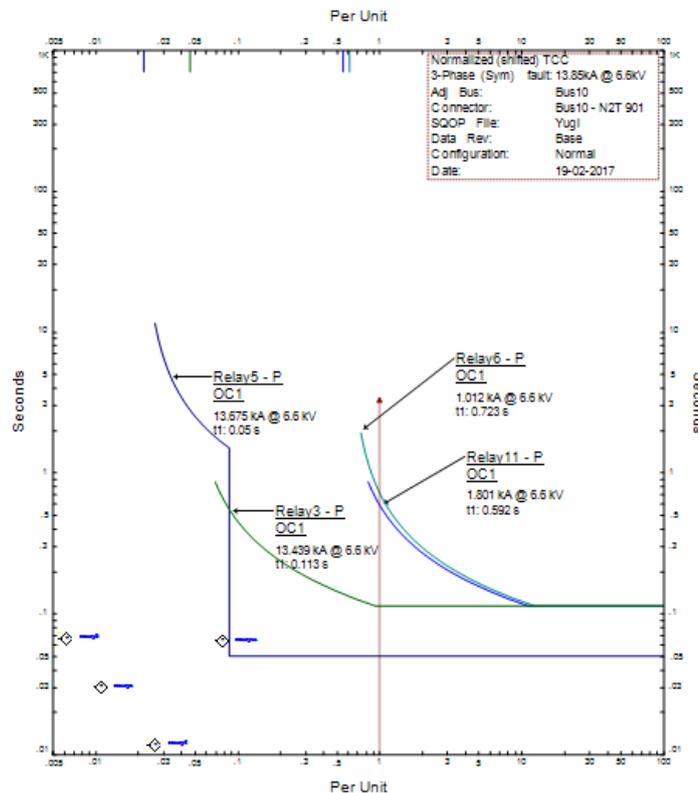
Sistem pengamanan jaringan *Plant 8* adalah dengan mengkombinasikan perangkat rele OCR, Transformator Arus, dan *Circuit Breaker* (CB), CT akan mengukur arus yang mengalir pada jaringan sehingga rele OCR dapat memberikan perintah pada CB untuk trip. Setiap sub *feeder* memiliki wilayah pengamanan masing masing sehingga bila terjadi gangguan dapat segera diketahui posisi jaringan yang mengalami gangguan dan dapat segera diperbaiki sehingga tidak mengganggu sistem lainnya.

Untuk mengetahui unjuk kerja sistem pengaman *Plant 8* maka akan dilakukan simulasi gangguan dengan menggunakan ETAP 12.6. Berikut ini adalah unjuk kerja sistem pengaman OCR *Plant 8* sebelum *resetting* :

4.2.1. Gangguan pada Beban N2T 901 (Sement Mill 2)



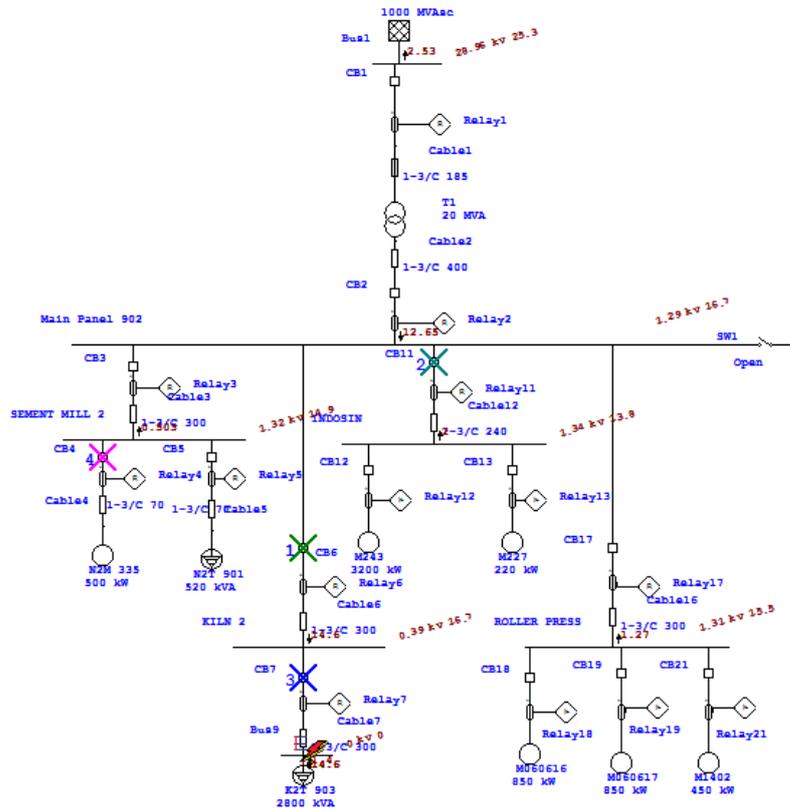
Gambar 4.3 Kondisi abnormal pada motor N2T 901



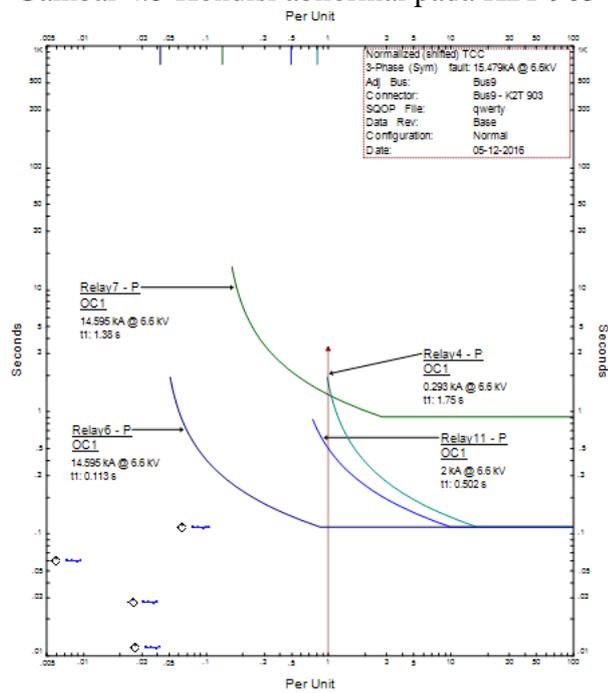
Gambar 4.4 Kurva koordinasi kondisi abnormal pada beban N2T 901

Dari gambar 4.3 diberikan gangguan hubung singkat 3 fasa pada beban N2T 901. Pada kondisi ini rele yang bekerja secara berurutan adalah rele 5,3,11 dan 6. Terlihat kondisi abnormal pada jaringan kelistrikan *Plant 8* dan kurangnya koordinasi pada sistem pengamanan rele OCR. Terlihat juga kurva pada gambar 4,4 yang menunjukkan bahwa kurva yang terjadi saling berhimpitan sehingga rele yang seharusnya tidak berpengaruh karena berada pada sub feeder yang berbeda menjadi bekerja. Urutan kerja rele yang seharusnya secara berurutan adalah rele 5,3 dan 2.

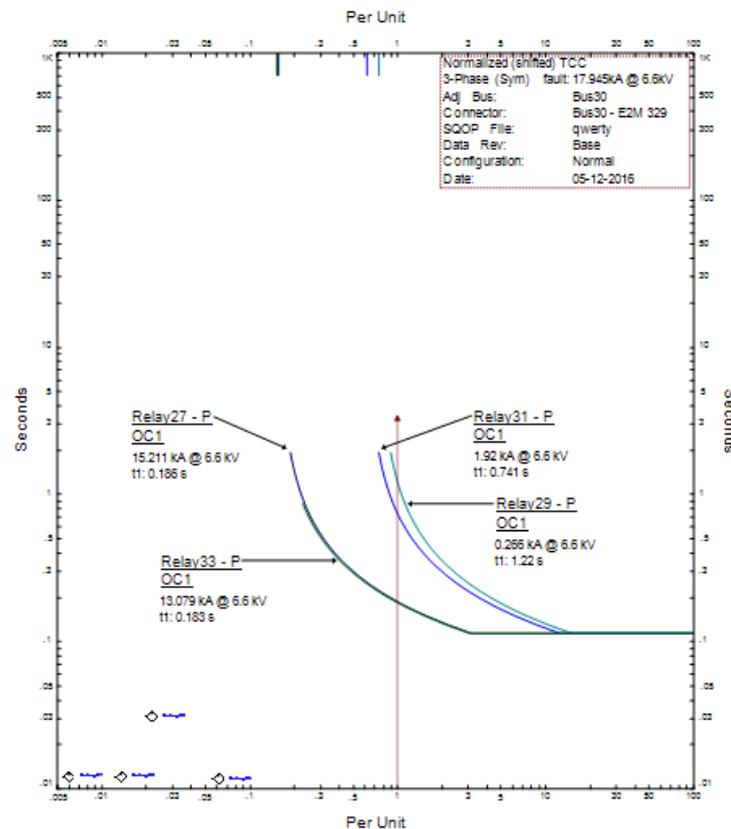
4.2.2. Gangguan pada Beban K2T 903 (Kiln 2)



Gambar 4.5 Kondisi abnormal pada K2T 903



Gambar 4.6 Kurva koordinasi kondisi abnormal pada K2T 903



Gambar 4.8 Kurva koordinasi kondisi abnormal pada Motor E2M 329

Lihat gambar 4.7 gangguan hubung singkat 3 fasa diberikan pada beban Motor E2M 329, Pada kondisi ini rele yang bekerja secara berurutan adalah rele 33,27,31 dan 29. Dapat dilihat bahwa pada feeder ini juga mengalami *miss-Coordination*, *Plant 8* pada feeder 2 ini mengalami kondisi abnormal yang diakibatkan oleh kurangnya koordinasi antar rele baik itu rele utama maupun *backupnya*.

Kurva pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa kurva rele yang dipasang pada jaringan saling berhimpitan dan bersinggungan. Kondisi ini akan mempengaruhi keandalan sistem jaringan kelistrikan *Plant 8* dan dapat merugikan karena gangguan feeder yang terjadi mengganggu sistem yang lain dan membuat rele yang

seharusnya tidak bekerja pada kondisi gangguan tersebut menjadi bekerja, Urutan kerja rele yang seharusnya secara berurutan adalah rele 27,29 dan 24.

4.3. Perhitungan Manual Setting Rele OCR

Berikut ini adalah tahapan perhitungan untuk mendapatkan nilai setting rele yang terkoordinasi.

4.3.1. Perhitungan Impedansi

1. Kabel

Variable yang dibutuhkan untuk menghitung impedansi kabel sudah disediakan pada tabel 4.1 dan 4.2. Berikut ini adalah contoh perhitungannya:

$$Z_{kabel1} = \sqrt{R^2 + jX^2}$$

$$Z_{kabel1} = \sqrt{(0,128)^2 + (0,092)^2}$$

$$Z_{kabel1} = 0,157 \Omega/\text{km}$$

Impedansi diatas masih berupa nilai hambatan per kilometer. Untuk mendapatkan nilai impedansi kabel yang digunakan maka didapat :

$$Z_{kabel1} = 0,157 \Omega/\text{km} \times \text{Panjang kabel}$$

$$Z_{kabel1} = 0,157 \Omega/\text{km} \times \frac{71}{1000} \text{ km}$$

$$Z_{kabel1} = 0,011 \Omega$$

0,011 Ω adalah nilai impedansi yang ada pada kabel 1 pada feeder 1. Dengan cara perhitungan yang sama maka nilai impedansi setiap kabel dipresentasikan dengan tabel dibawah ini :

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Impedansi Kabel

No	Nama Kabel	Penampang Nominal (mm)	Impedansi (Ω/km)	Panjang Kabel (m)	Impedansi Kabel (Ω)
<i>Feeder 1 (P 8.2)</i>					
1	Kabel 1	185	0,157	71	0,011
2	Kabel 2	400	0,105	71	0,0075
3	Kabel 3	300	0,117	574	0,0672
4	Kabel 4	70	0,358	76	0,0272
5	Kabel 5	70	0,358	76	0,0272
6	Kabel 6	300	0,117	343	0,04
7	Kabel 7	300	0,117	150	0,0175
8	Kabel 12	240	0,133	200	0,0266
9	Kabel 16	300	0,117	150	0,01755
<i>Feeder 2 (P 8.1)</i>					
10	Kabel 19	400	0,105	76	0,008
11	Kabel 20	185	0,157	56	0,0088
12	Kabel 23	400	0,105	107	0,0112
13	Kabel 24	300	0,117	393	0,046
14	Kabel 26	70	0,358	92	0,33
15	Kabel 27	185	0,157	27	0,0042
16	Kabel 28	150	0,185	48	0,0089

2. Transformator

Impedansi trafo dapat diperoleh dari perhitungan variable-variable yang telah disediakan pada tabel 4.4. Berikut adalah cara perhitungannya :

$$Z_{trafo1} = Z\% \times \frac{Vp^2}{P}$$

$$Z_{trafo1} = 10\% \times \frac{(33 \times 10^3 V)^2}{20 \times 10^6 VA}$$

$$Z_{trafo1} = 5,45 \Omega$$

Dikarenakan trafo pada feeder 2 memiliki spesifikasi yang sama maka nilai impedansi pada trafo feeder 1 dan trafo feeder 2 adalah sama sebesar $5,45 \Omega$.

3. Sumber

Impedansi sumber juga ikut serta dalam penentuan nilai setting rele OCR, untuk variable yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 4,5. perhitungannya dapat dilihat dibawah ini :

$$Z_s = \frac{V^2}{P_{sc}}$$

$$Z_s = \frac{(33 \times 10^3)^2 V}{1000 \times 10^6 VA_{sc}}$$

$$Z_s = \frac{1089}{1000}$$

$$Z_s = 1,089 \Omega$$

Feeder 1 dan feeder 2 memiliki impedansi yang sama yaitu sebesar $1,089 \Omega$ karena memiliki spesifikasi dan variable yang sama.

4.3.2. Perhitungan Arus Nominal

Plant 8 menggunakan beberapa beban motor yang bersifat dinamis dan beban lainnya yang bersifat static sehingga terdapat dua cara untuk menghitung nilai arus nominal dari beban yang terpasang. Berikut adalah contoh perhitungan ketika :

1. Diketahui Daya Semu beban

$$\text{Inom K2T 903} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$\text{Inom K2T 903} = \frac{2800 \text{ kVA} \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6,6 \text{ kV} \times 10^3}$$

$$\text{Inom K2T 903} = 245 \text{ A}$$

Jadi arus nominal beban lumped load K2T 903 sebesar 245 A.

2. Diketahui Daya Aktif Beban

$$\text{Inom N2M 335} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{eff. pf}}$$

$$\text{Inom N2M 335} = \frac{500 \text{ kW} \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6,6 \times 10^3 \times 93,37\% \times 92,2\%}$$

$$\text{Inom N2M 335} = 50,81 \text{ A}$$

Jadi nilai Arus beban penuh pada Motor N2M 335 adalah 50,81 A. Untuk perhitungan beban lainnya menggunakan cara yang sama seperti diatas, Berikut adalah rekap hasil perhitungan arus nominal untuk setiap beban per jalur CB.

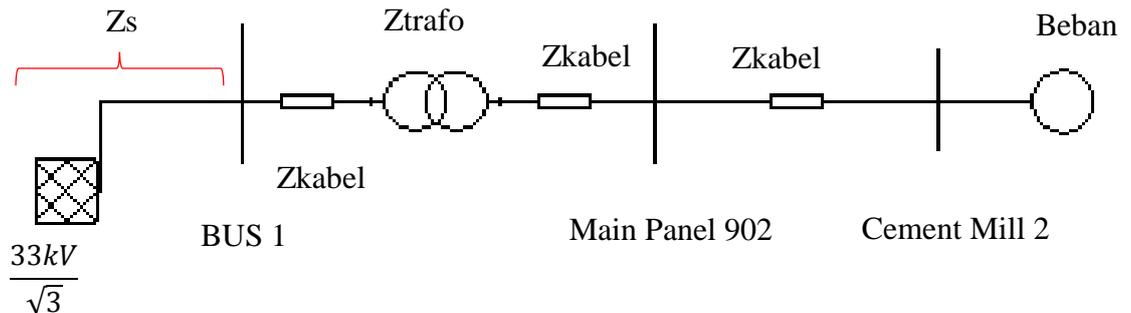
Tabel 4,8 Hasil Perhitungan Arus Nominal

No	Nomor <i>Circuit Breaker</i>	Tegangan Kerja	Arus Nominal (FLA)
		kV	A
<i>Feeder 1 (P 8.2)</i>			
1	CB 4	6,6	50,81
2	CB 5	6,6	45,49
3	CB 3	6,6	96,2
4	CB 7	6,6	245
5	CB 6	6,6	245
6	CB 12	6,6	325,2
7	CB 13	6,6	22,36
8	CB 11	6,6	347,6
9	CB 18	6,6	86,34
10	CB 19	6,6	86,34

11	CB 21	6,6	45,75
12	CB 17	6,6	218,43
13	CB 2	6,6	1749,5
14	CB 1	33	349,9
<i>Feeder 2 (P 8.1)</i>			
15	CB 28	6,6	555,5
16	CB 31	6,6	38,75
17	CB 32	6,6	332,4
18	CB 33	6,6	279,6
19	CB 29	6,6	1206,25
20	CB 24	6,6	1749,5
21	CB 25	33	349,9

4.3.3. Penghitungan Arus Hubung Singkat Bus (*Short Circuit Current Bus*)

Untuk menghitung nilai hubung singkat pada setiap bus jaringan dibutuhkan rangkaian impedansi secara ekuivalen, Berikut adalah cara perhitungannya :



Gambar 4.9 Rangkaian Ekuivalen

$$\begin{aligned}
 I_{sc \text{ bus P (Cement Mill 2)}} &= \frac{V_p}{\sqrt{3} \times (\sum Z_{kabel} + Z_{trafo} + Z_{sumber})} \\
 &= \frac{33 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times (\sum(0,067 + 0,0075 + 0,011) + 5,445 + 1,089)\Omega} \\
 &= \frac{33 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times (0,0855 + 5,445 + 1,089)\Omega} \\
 &= 2.878,24 \text{ A (nilai pada sisi primer 33 kV)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Isc bus S (Cement Mill 2)} &= \text{Isc bus P (Cement Mill 2)} \times \frac{V_p}{V_s} \\
 &= 2.878,24 \text{ A} \times \frac{33 \text{ kV}}{6,6 \text{ kV}} \\
 &= 14.390 \text{ A} \quad (\text{nilai pada sisi sekunder } 6,6 \text{ kV})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Isc bus P(Main Panel 902)} &= \frac{V_p}{\sqrt{3} \times (\sum Z_{\text{kabel}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{sumber}})} \\
 &= \frac{33 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times (\sum(0,0075 + 0,011) + 5,45 + 1,089)\Omega} \\
 &= \frac{33 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times (0,0185 + 5,445 + 1,089)\Omega} \\
 &= 2.907,67 \text{ A} \quad (\text{nilai pada sisi primer } 33 \text{ kV})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Isc bus S (Main Panel 902)} &= \text{Isc bus P (Main Panel 902)} \times \frac{V_p}{V_s} \\
 &= 2907,67 \text{ A} \times \frac{33 \text{ kV}}{6,6 \text{ kV}} \\
 &= 14.538 \text{ A} \quad (\text{nilai pada sisi sekunder } 6,6 \text{ kV})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Isc bus Sumber} &= \frac{V_p}{\sqrt{3} \times (Z_{\text{sumber}})} \\
 &= \frac{33 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times (1,089)\Omega} \\
 &= 17.495 \text{ A} \quad (\text{nilai pada sisi primer } 33 \text{ kV})
 \end{aligned}$$

Untuk nilai Arus Hubung singkat BUS lainnya memiliki metode perhitungan yang sama, dengan menggunakan nilai impedansi ekivalen pada setiap feeder yang memiliki beban. Berikut ini adalah hasil dari perhitungan manualnya :

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat BUS

No	Nomor <i>Circuit Braker</i>	Arus <i>Short Circuit</i>	
		Sisi 33 kV (A)	Sisi 6,6 kV (A)
<i>Feeder 1 (P 8.2)</i>			
1	BUS Sement Mill 2	2.878,24	14.390
2	BUS Main Panel 902	2.907,67	14.538
3	BUS 1	17.495	-
4	BUS Kiln 2	2.890	14.450
5	BUS Indosin	2.895,92	14.479
6	BUS Roller Press	2.899,8	14.499
<i>Feeder 2 (P 8.1)</i>			
7	BUS Raw Mill 2	2.887,35	14.437
8	BUS Main Panel 901	2.909,17	14.546
9	BUS 24	17.495	-

4.3.4. Penghitungan Arus *Pickup Lowset Rele*

Untuk menghitung nilai *lowset Rele* variable yang digunakan adalah nilai nilai arus nominal yang melewati jalur di setiap CB, Untuk variable yang dibutuhkan sudah disediakan pada tabel 4.8 dan 4.6. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai *lowset* pada rele OCR :

$$\begin{aligned}
 \text{Iset CB5 (primer)} &= 1,2 \times \text{Inominal} \\
 &= 1,2 \times 45,49\text{A} \\
 &= 54,558 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\text{Iset CB5 (sekunder)} = \text{Iset CB5 (primer)} \times r_{CT}$$

$$= 54,558 \text{ A} \times \frac{5}{50}$$

$$= 5,45 \text{ A} \approx 5,5 \text{ A}$$

Nilai yang akan dimasukkan dalam arus *pickup* sisi *lowset* adalah nilai Iset sekunder, sehingga pada CB5 memiliki nilai arus *pickup lowset* sebesar 5,5 A. Untuk mendapatkan nilai arus *pickup lowset* CB lainnya menggunakan cara perhitungan yang sama. Berikut adalah hasil perhitungan yang sudah direkap :

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Arus *Pickup Lowset* Rele

No	Nomor CB	Arus Pickup Low Set		
		Primer (A)	Sekunder (A)	Terpakai (A)
<i>Feeder 1 (P 8.2)</i>				
1	CB 4	60,984	5,08	6,5
2	CB 5	54,588	5,45	5,5
3	CB 3	115,56	1,5	2
4	CB 7	294	2,94	3
5	CB 6	294	2,94	3
6	CB 12	-	-	-
7	CB 13	-	-	-
8	CB 11	417,12	2,6	3,5
9	CB 18	-	-	-
10	CB 19	-	-	-
11	CB 21	-	-	-
12	CB 17	262,116	2,18	3
13	CB 2	2099,4	5,831	6
14	CB 1	419,88	5,24	6
<i>Feeder 2 (P 8.1)</i>				
15	CB 28	666,6	5,555	7
16	CB 31	46,5	4,65	6
17	CB 32	398,88	5,69	5,7
18	CB 33	335,52	5,59	6,7
19	CB 29	1447,5	4,52	5
20	CB 24	2099,4	5,83	6
21	CB 25	419,88	5,5	6

4.3.5. Penghitungan *Time Dial* (TMS) Rele

Untuk menentukan nilai TMS harus diketahui karakteristik rele yang digunakan, hal ini dikarenakan setiap rele memiliki karakteristik yang unik sehingga rele jenis satu dengan yang lain menggunakan konstanta yang berbeda namun dengan metode yang sama. Untuk nilai konstanta α dan β dapat dilihat pada tabel 2.1. nilai Arus Hubung singkat tiap BUS pada tabel 4.9 dan Arus setting Primer pada tabel 4.10. Berikut ini adalah contoh perhitungan penentuan Nilai TMS rele normal invers :

$$\begin{aligned} T_{ms\ CB5} &= \frac{t \times \left[\left[\frac{I_{sc\ BUS\ Cement\ Mill\ 2}}{I_{set}(primer\ CB5)} \right]^\alpha - 1 \right]}{\beta} \\ &= \frac{0,1 \times \left[\left[\frac{14.390}{54,588} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \\ &= 0,084 \approx 0,09 \text{ (tanpa satuan)} \end{aligned}$$

CB5(rele5) merupakan sistem pengaman utama pada *feeder* N2T 901 sehingga diberikan waktu tunda sebesar 0,1 sebagai waktu awal grading time. Grading time antar rele pada feeder yang sama sesuai dengan standar IEEE Std 242-2001 adalah sebesar 0,2-0,4 detik , sehingga rele pengaman *backup* nya menjadi 0,1 + 0,4 = 0,5, Nilai 0,5 ini akan menjadi nilai t pada CB3(Rele3), sehingga perhitungannya akan menjadi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_{ms\ CB3} &= \frac{t \times \left[\left[\frac{I_{sc\ Main\ Panel}}{I_{set}(primer\ CB3)} \right]^\alpha - 1 \right]}{\beta} \\ &= \frac{0,5 \times \left[\left[\frac{14538}{115,56} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \\ &= 0,36 \approx 0,4 \text{ (tanpa satuan)} \end{aligned}$$

Nilai 0,4 merupakan nilai setting TMS yang ada pada rele *backup* CB3. Grading time untuk CB2/Rele2 adalah 0,5+ 0,3=0,9 sehingga perhitungannya menjadi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T_{ms\ CB2} &= \frac{t \times \left[\left[\frac{I_{sc\ Main\ Panel}}{I_{set}(primer\ CB2)} \right]^\alpha - 1 \right]}{\beta} \\
 &= \frac{0,9 \times \left[\left[\frac{14538}{2099,4} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \\
 &= 0,2537 \approx 0,3 \text{ (tanpa satuan)}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai TMS untuk CB2/rele2 adalah sebesar 0,3 tanpa satuan yang selanjutnya nilai tersebut akan dimasukkan kedalam nilai simulasi pada ETAP 12.6. Dengan metode perhitungan yang sama maka nilai TMS rele yang lainnya dapat ditentukan. Berikut hasil perhitungan nilai TMS tiap CB yang telah direkap dengan tabel :

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan TMS *Lowset* Rele

No	Nomor CB	Grading Time	TMS Low Set	
			Terhitung	Terpakai
<i>Feeder 1 (P 8.2)</i>				
1	CB 4	0,1	0,082	0,1
2	CB 5	0,1	0,084	0,09
3	CB 3	0,5	0,36	0,4
4	CB 7	0,1	0,057	0,06
5	CB 6	0,5	0,289	0,3
6	CB 12	-	-	-
7	CB 13	-	-	-
8	CB 11	0,5	0,26	0,3
9	CB 18	-	-	-
10	CB 19	-	-	-
11	CB 21	-	-	-

12	CB 17	0,5	0,29	0,3
13	CB 2	0,9	0,25	0,3
14	CB 1	1,2	0,66	0,7
<i>Feeder 2 (P 8.1)</i>				
15	CB 28	0,1	0,047	0,065
16	CB 31	0,1	0,089	0,09
17	CB 32	0,1	0,055	0,06
18	CB 33	0,1	0,058	0,06
19	CB 29	0,5	0,168	0,17
20	CB 24	0,9	0,253	0,3
21	CB 25	1,2	0,66	0,7

4.3.6. Penghitungan Arus *Setting* Rele Seketika pada OCR

Perhitungan nilai arus pickup OCR seketika memiliki dua cara perhitungan yaitu perhitungan rele yang terdekat dengan beban atau rele utama dan rele *backup*, untuk perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut :

1. Pada pengaman utama (terdekat dengan beban)

$$\begin{aligned}
 \text{Iset CB5} &= 6 \times \text{Inominal} \times \text{rCT} \\
 &= 6 \times 45,49 \text{ A} \times \frac{5}{50} \\
 &= 27,29 \approx 28 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai Arus Pickup CB5 rele seketika adalah sebesar 28 Ampere. Nilai ini yang akan dimasukkan kedalam pengaturan pickup rele OCR.

2. Pada pengaman *backup*

$$\begin{aligned}
 \text{Iset CB3} &= 4 \times \text{Inominal} \times \text{rCT} \\
 &= 4 \times 96,2 \text{ A} \times \frac{5}{500} \\
 &= 3,85 \approx 4 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai arus pickup yang akan digunakan pada rele seketika OCR adalah sebesar 4 Ampere.

3. Pada Sumber(feeder 1)

$$\begin{aligned} I_{set\ CB1} &= 1,25 \times \frac{P_{sc}}{\sqrt{3} \times V_p} \times \frac{V_s}{V_p} \times r_{CT} \\ &= 1,25 \times \frac{1000 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 33 \times 10^3} \times \frac{6,6}{33} \times \frac{5}{400} \\ &= 7,83\text{ A} \approx 8\text{ A} \end{aligned}$$

Untuk setting arus pickup rele seketika pada sumber feeder 2 menggunakan cara perhitungan yang sama. Berikut ini adalah rekap perhitungan dari arus pickup rele seketika dengan cara perhitungan yang sama :

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan *Pickup Highset* Rele

No	Nomor CB	Pickup Highset		Time Delay (detik)
		Terhitung	Terpakai	
<i>Feeder 1 (P 8.2)</i>				
1	CB 4	25,41	25,5	0,1
2	CB 5	27,29	28	0,1
3	CB 3	3,85	4	0,4
4	CB 7	14,7	15	0,1
5	CB 6	14,7	15	0,4
6	CB 12	-	-	
7	CB 13	-	-	
8	CB 11	8,13	9	0,4
9	CB 18	-	-	
10	CB 19	-	-	
11	CB 21	-	-	
12	CB 17	11,58	11,6	0,4
13	CB 2	-	-	

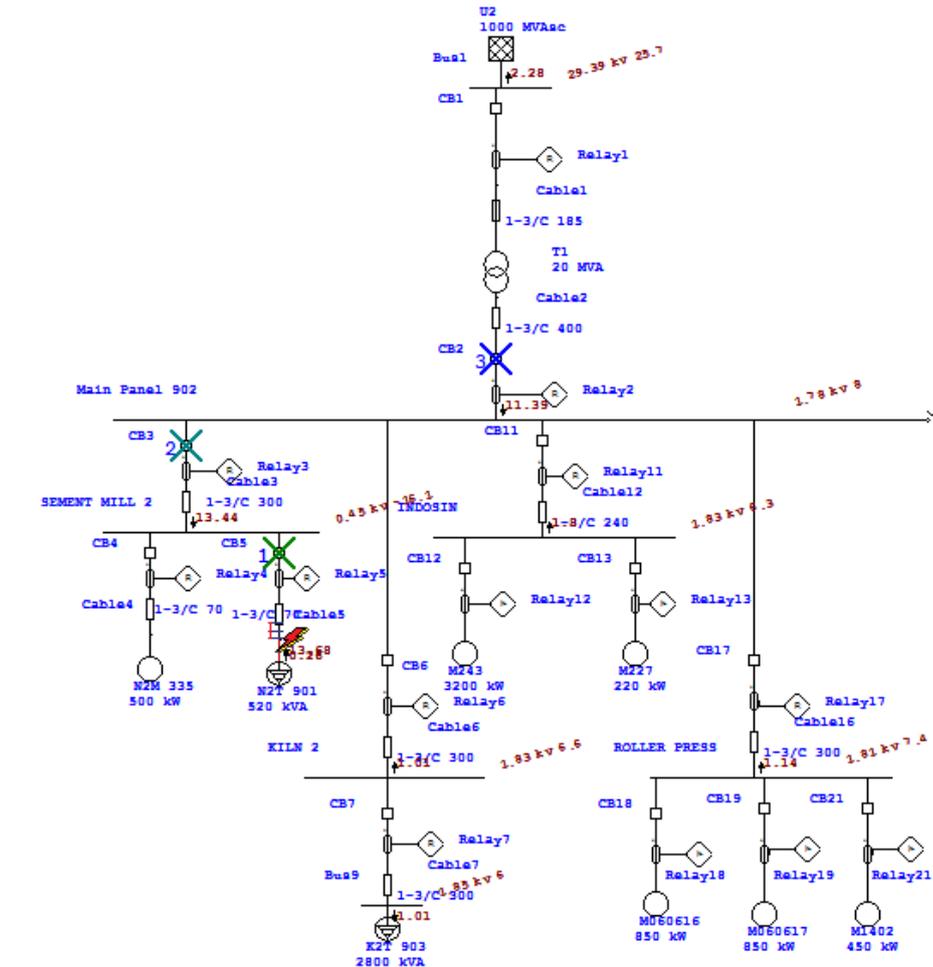
14	CB 1	7,8	8	0,7
<i>Feeder 2 (P 8.1)</i>				
15	CB 28	27,7	27,7	0,1
16	CB 31	23,25	23,5	0,1
17	CB 32	28,49	29	0,1
18	CB 33	27,96	28	0,1
19	CB 29	15,07	15,1	0,4
20	CB 24	-	-	
21	CB 25	7,8	8	0,7

Penentuan nilai *setting time delay* mengacu pada time grading yang telah distandarisasi oleh IEEE Std 242-2001. Standar time delay ini diperbolehkan untuk disetting dengan waktu sebesar 0,2-0,4 detik. Pada rele yang paling dekat dengan beban atau rele pengaman utama setting nilai menjadi patokan awal sebesar 0,1 detik , selanjutnya pada rele *backup* akan ditentukan dengan penambahan dari standar time grading yaitu 0,4, 0,7 , 1, dan seterusnya. Time grading yang digunakan adalah sebesar 0,3 detik.

4.4. Unjuk Kerja Sistem Pengaman OCR Setelah *Resetting*

Setelah data yang didapat telah diolah dengan sedemikian rupa, sehingga dihasilkan beberapa settingan rele OCR yang dapat disimulasikan. Perhitungan *setting* dimasukkan ke ETAP sesuai dengan variable yang dibutuhkan ETAP dan hasil perhitungan. Berikut ini adalah contoh simulasi dari hasil *resetting* :

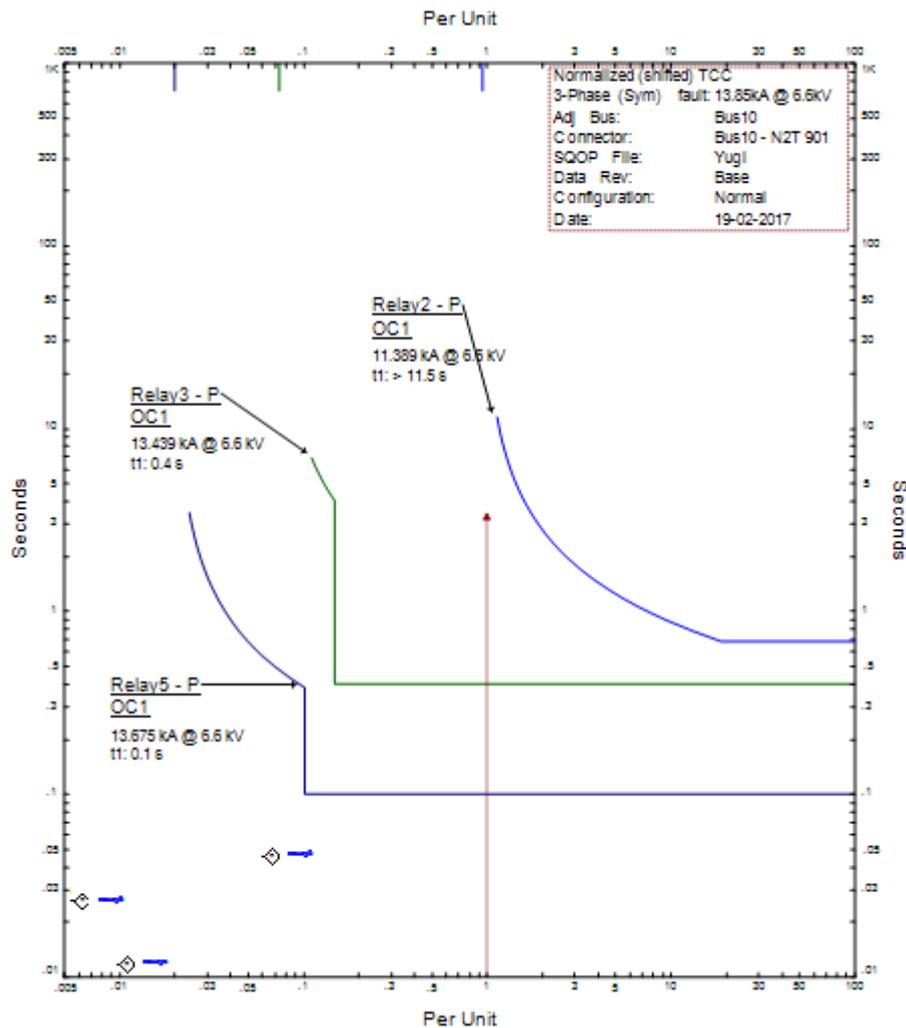
4.4.1. Gangguan pada Beban N2T 901 (Sement Mill 2)



Gambar 4.10 Kondisi abnormal pada motor N2T 901 *resetting*

Pada gambar 4.10 menunjukkan hasil simulasi *resetting* yang dilakukan. Dapat dilihat bahwa ketika diberikan gangguan pada motor N2M 335 maka PMT yang akan memutus pertama kali sebagai pengaman utama adalah CB 4 kemudian apabila CB 4 tidak dapat bekerja, maka CB 3 akan menjadi pengaman *backupnya*. Apabila CB 3 bekerja maka beban N2T 901 akan ikut terputus. Ketika CB 3 juga tidak dapat beroperasi dengan baik maka CB 2 yang akan bekerja. Dampak yang

terjadi ketika CB 2 bekerja adalah seluruh sistem pada jaringan akan lumpuh dikarenakan CB 2 memutuskan aliran arus listrik untuk keseluruhan feeder 1.

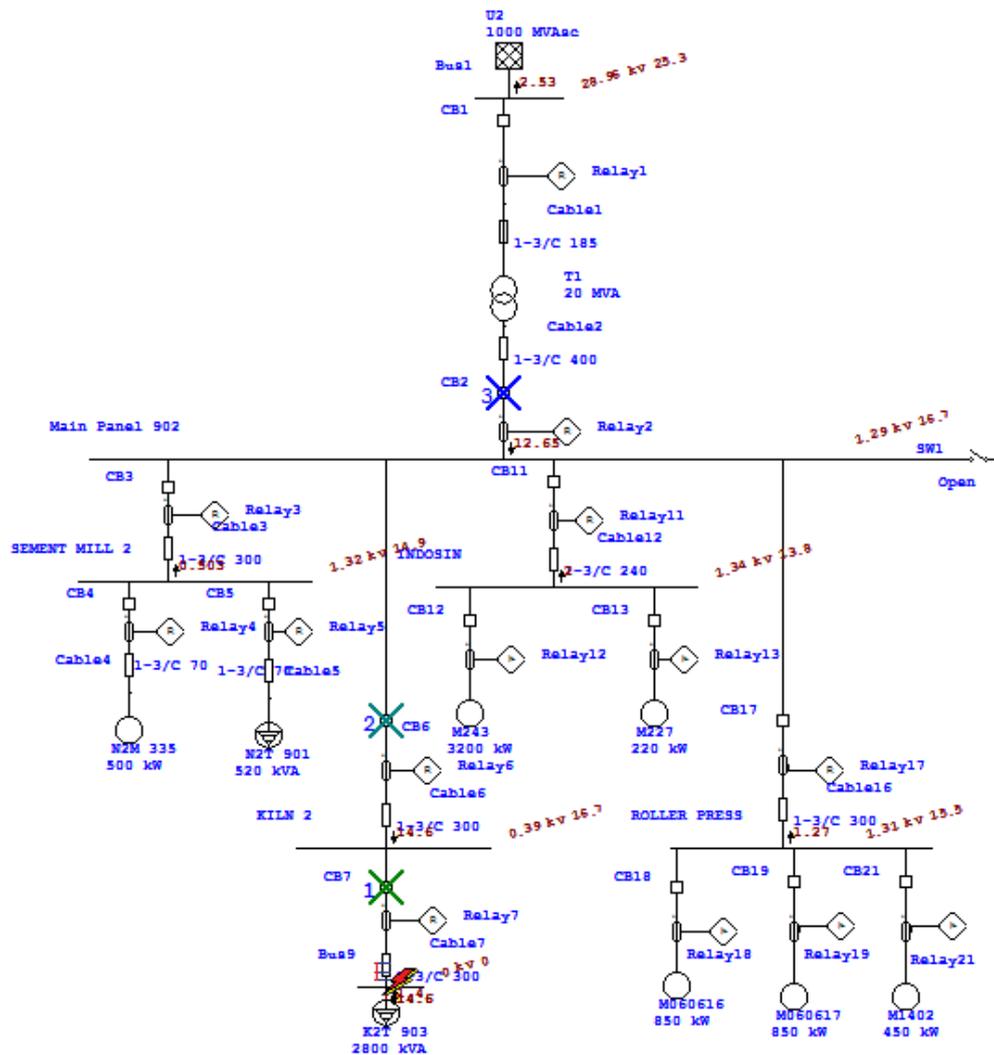


Gambar 4.11 Kurva koordinasi kondisi abnormal pada N2T 901 *resetting*

Terlihat pada grafik diatas bahwa kurva hubung singkat memotong kurva rele 5, rele 3, dan rele 2 secara berurutan. Tidak terjadi perpotongan atau bersinggungan yang diantara kurva rele 5, 3 dan 2. Hal ini membuktikan bahwa hasil *resetting* yang telah dilakukan dapat membuat sistem pengaman pada kondisi

beban N2T 901 mengalami gangguan dapat diperbaiki sehingga menjadi lebih terkoordinasi antara rele satu dengan yang lain.

4.4.2. Gangguan pada Beban K2T 903 (Kiln 2)

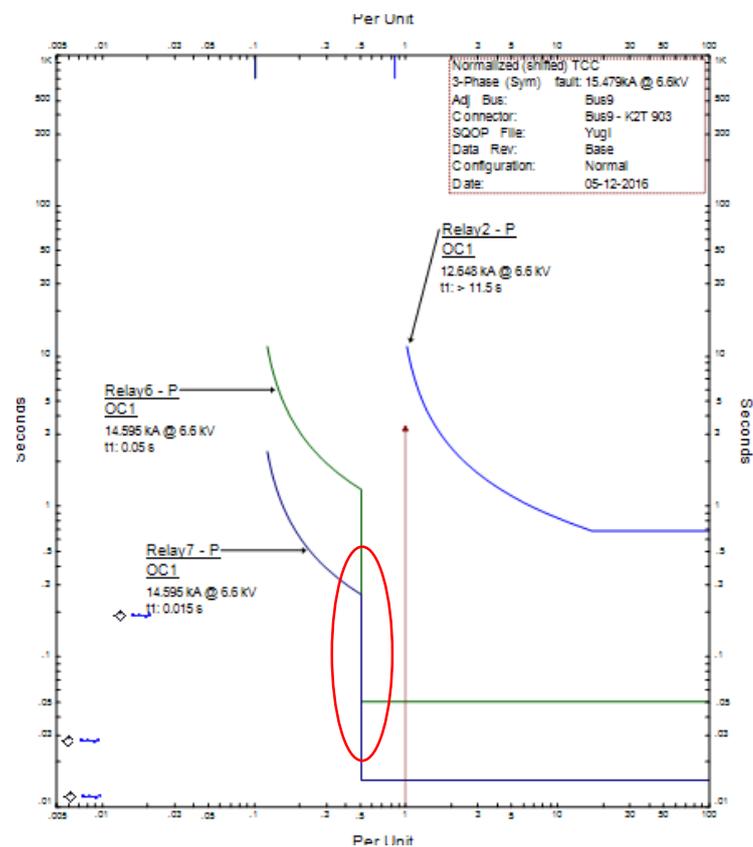


Gambar 4.12 Kondisi abnormal pada Beban K2T 903 *resetting*

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa terjadi koordinasi yang baik setelah dilakukan *resetting*. Hal ini ditunjukkan dari gangguan yang diberikan pada daerah beban K2T 903, CB yang trip pertama kali adalah CB 7 sebagai pengaman utama

yang kemudian saat gagal beroperasi akan *dibackup* oleh CB 6 yang berada pada feeder yang sama.

Apabila CB 6 dan CB 7 mengalami kegagalan untuk beroperasi maka CB 2 yang akan trip untuk menghindari kerusakan yang terjadi. Namun ketika CB 2 beroperasi maka seluruh beban yang ada pada feeder 1 akan mengalami pemutusan listrik dikarenakan posisi dari CB 2 berada diantara sumber listrik dan pembagian beban secara langsung.

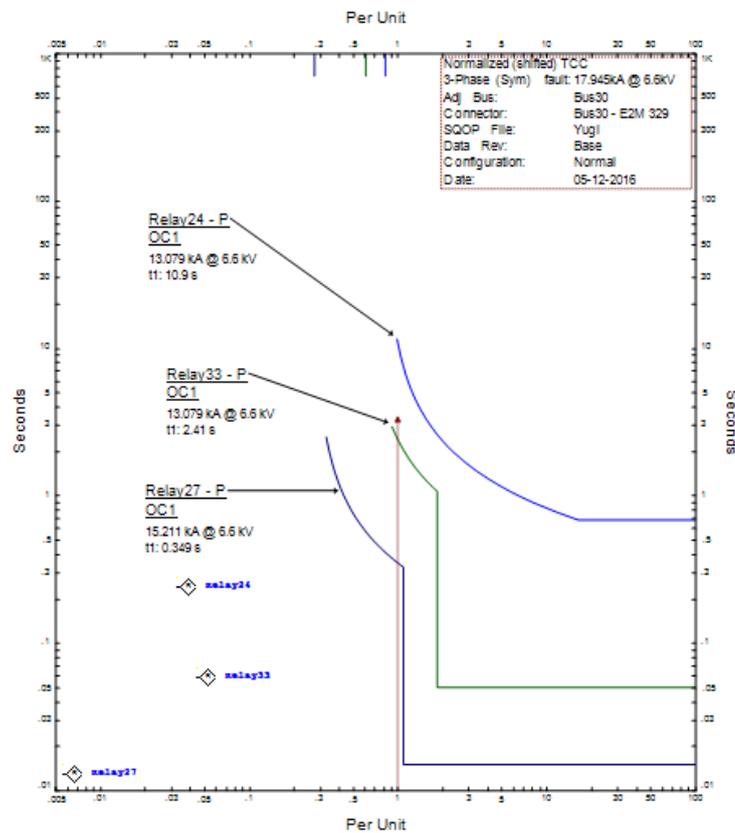


Gambar 4.13 Kurva koordinasi kondisi abnormal pada K2T 903 *resetting*

Dari gambar 4,13 memberikan informasi mengenai urutan operasi yang terjadi pada rele dengan sub feeder Kiln 2, Pada kurva rele 7 dan 6 mengalami persinggungan pada titik vertikalnya (lingkaran merah). Hal ini dikarenakan beban

gangguan berupa hubung singkat maka CB 28 akan memutuskan arus listrik yang mengalir untuk pertama kali. CB 28 ini menjadi pengaman utama pada motor tersebut.

Apabila CB 28 tidak dapat trip sesuai yang diharapkan maka CB 29 yang menjadi *backupnya* akan memutuskan aliran listrik tersebut. Tetapi dengan bekerjanya pengaman *backup* maka aliran listrik untuk motor yang lain akan ikut terputus. Sehingga motor yang lainnya tidak dapat beroperasi selama sistem belum diperbaiki. CB 24 akan trip apabila CB 28 dan 29 tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya.



Gambar 4.15 Kurva koordinasi kondisi abnormal pada E2M 329 *resetting*

Dari kurva yang terjadi pada gambar 4,15 dapat dilihat bahwa tidak ada terjadi perpotongan dan singgungan antara kurva rele yang bekerja pada saat keadaan abnormal motor E2M 329. Hal ini menunjukkan bahwa pada feeder 2 ini memiliki koordinasi yang baik dan sesuai dengan standar yang telah diberlakukan setelah dilakukan pengaturan ulang.