

BAB IV

ANALISIA DAN PEMBAHASAN

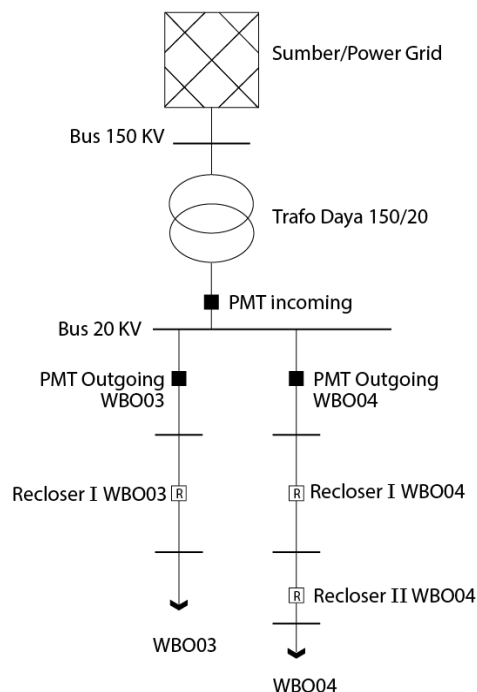
4.1 Koordinasi Proteksi Pada Gardu Induk Wonosobo

Gardu induk Wonosobo mempunyai pengamanan berupa OCR (*Over Current Relay*) dan *Recloser* yang dipasang pada gardu induk atau pada jaringan yang berhubungan dengan gardu induk Wonosobo. OCR atau relai arus lebih ini bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai *setting*, apabila nilai arus yang terbaca oleh relai melebihi nilai *setting* yang sudah ditentukan maka relai akan mengirim perintah untuk PMT (pemutus tenaga) atau CB (*Circuit Breaker*) untuk trip (lepas) setelah tunda waktu yang telah ditentukan pada *setting*. Sedangkan *recloser* merupakan proteksi yang dipasang pada jaringan, *recloser* sering disebut penutup balik otomatis (PBO) *recloser* dapat merasakan arus gangguan dan bisa memutuskan tenaga.

Relai arus lebih ini digunakan pada hampir semua pola pengamanan cadangan (*Back up protection*) untuk gangguan eksternal atau sebagai back up bagi *outgoing feeder*. OCR bisa saja hanya dipasang pada sisi tegangan tinggi saja, atau bisa juga dipasang pada tegangan tinggi dan tegangan menengah sekaligus. OCR dapat memerintahkan trip pada PMT pada sisi dimana relai terpasang atau dapat memerintahkan trip pada PMT di kedua sisi transformator tenaga. Pembagian proteksi ini bertujuan supaya keandalan sistem proteksi dapat berjalan dengan baik

dan wilayah yang tidak terkena gangguan dapat masih berkerja dengan normal. Sedangkan untuk *recloser* dipasang pada jaringan untuk proteksi jaringan yang ketika gangguan tersebut hanya bersifat sementara *recloser* dapat menutup balik dan jaringan kembali normal lagi, *recloser* bersifat otomatis bisa membuka ketika ada gangguan dan menutup lagi sesuai *setting*.

Berikut merupakan penempatan PMT pada jaringan dimana PMT incoming terletak dibagian atas sendiri, lalu di susul PMT dari beberapa *feeder* yang biasa disebut PMT *outgoing*. PMT incoming berjumlah satu per trafo sedangkan PMT *outgoing* berjumlah sesuai jumlah *feeder* yang ada. Pengaman selanjutnya yaitu *recloser* yang terletak dibawah PMT *outgoing*, untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.1. Penempatan PMT dan *Recloser* pada jaringan distribusi

4.2 Data Nilai *Setting* Proteksi Terpasang Relay OCR, GFR, dan Recloser

Tabel dibawah ini merupakan yang terpasang pada jaringan dan terdiri dari *setting relay incoming, relay outgoing feeder* WBO03 dan WBO04 serta *setting recloser* WBO03 dan WBO04.

Tabel 4.1. *Setting* relai OCR terpasang pada jaringan

<i>Setting</i>		Incoming	<i>Outgoing</i> WBO03	<i>Outgoing</i> WBO04
OCR	TMS	0.25	0.23	0.23
	Rasio CT	2000:5	600:5	600:5
	t (s)	0.7	0.3	0.3
	I set	1.02	0.6	0.6
GFR	TMS	0.45	0.27	0.27
	Rasio CT	2000:5	600:5	600:5
	t (s)	0.7	0.3	0.3
	I set	1.04	0.6	0.6

Tabel 4.2. *Setting Recloser* terpasang pada jaringan.

<i>Setting</i>		<i>Recloser</i> WBO03	<i>Recloser</i> WBO04 [1]	<i>Recloser</i> WBO04 [2]
OCR	TMS	0.35	0.26	0.3
	Rasio CT	1000:1	1000:1	1000:1
	t (s)	0.25	0.25	0.05
	I set	199.5	199.5	200
GFR	TMS	0.6	0.4	0.3
	Rasio CT	1000:1	1000:1	1000:1
	t (s)	0.25	0.25	0.05
	I set	122	109	140

4.3 Menghitung Manual Setelan *Relay*

Sebelum masuk hitungan manual *setting relay* yang lebih handal sehingga jika terjadi gangguan akan bisa meminimalisir gangguan dan bisa lebih selektif dalam mengatasi gangguan tersebut. Terlebih dahulu mengetahui keadaan jaringan Wonosobo dari gardu induk sampai *feeder* WBO03 dan *feeder* WBO04 dengan mencantumkan data teknik trafo II 150/20 KV sebagai data pendukung dalam perhitungan manual.

4.3.1 Data Teknik Trafo II 150/20 KV Gardu Induk Wonosobo

Merk	: POUWELS
Kapasitas	: 30 MVA
KV Primer	: 150 KV
KV Sekunder	: 20 KV
Impedasi	: 12,60 %
MVA_{sc}	: 4192,56 MVA
Ground Resistance	: 0,3 Ohm
Vektor Grup	: Ynyn0+d11
I Nominal Trafo	: 866,025 A

Data teknik trafo II pada gardu induk wonosobo diatas digunakan untuk pendukung perhitungan impedasi sumber, impedasi penyulang, hubung singkat dan penyetelan *setting* pada *relay* OCR, GFR, dan *Recloser*.

4.4 Impedansi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber terlebih dahulu sudah didapat data teknik pada trafo II, mempunyai tegangan primer sebesar 150 KV, tegangan sekunder 20 KV, dan juga telah diketahui nilai MVA_{sc} (arus hubung singkat) pada jaringan atau *SETTING* 150 KV sebesar 4192,56 MVA. MVA_{sc} didapat dari daya trafo 30 MVA memiliki *short circuit* sebesar 16,13 kA. Mencari MVA_{sc} dengan menggunakan persamaan:

$$MVA_{sc} = KV_{primer} \times I_{sc} \times \sqrt{3}$$

(Kadarisman:2004)

$$MVA_{sc} = 150 \text{ KV} \times 16,13 \text{ KA} \times \sqrt{3} = 4192,56 \text{ MVA}$$

Dengan,

MVA_{sc} : Daya *Short Circuit*

KV_{primer} : Tegangan Primer

I_{sc} : Arus *Short Circuit* Trafo 30 MVA

Setelah dilakukan penghitungan daya *Short Circuit* tarfo, sehingga dengan menggunakan persamaan rumus didapat nilai impedansi sumber berikut:

$$X_s = \frac{KV^2}{MVA_{sc}}$$

Dengan,

X_s : Reaktansi sumber

KV : Tegangan primer

MVA_{sc} : Daya *Short Circuit*

$$\text{Reaktansi } x_s : \frac{150^2}{4192,56} = 5,36 \Omega$$

(Kadarisman:2004)

4.4.1 Impedansi Sisi 20 KV

$$X_{is} = \frac{KV_s^2}{KV_p^2} \times X_s = \frac{20^2}{150^2} \times 5,36 \Omega = 0,095 \Omega$$

Impedansi sumber $Z_{is} = j0,09 \Omega$

Dengan,

X_{is} : Reaktansi sisi 20 KV

KV_s : Tegangan sekunder

KV_p : Tegangan primer

Z_{is} : Impedansi sumber

Melalui persamaan data teknik trafo, sehingga didapat nilai reaktansi trafo sebagai berikut :

4.4.2 Reaktansi Urutan Positif dan Negative

$$X_T = \frac{KV_s^2}{MVA} \times Z_{trafo} = \frac{20^2}{30} \times 12,60 \% = 1,68 \Omega$$

$Z_T = j1,68 \Omega$

Dengan,

X_T : Reaktansi trafo urutan positif

KV_s : Tegangan sekunder trafo

Z_{trafo} : Impedansi trafo 30 MVA

Z_T : Impedansi trafo urutan positif

(Kadarisman:2004)

4.4.3 Reaktansi Urutan Nol Trafo

$$Z_{t0} = 10 \times X_{t0}$$

$$X_{t0} = 10 \times 1,68 \Omega = 16,8 \Omega$$

$$Z_{t0} = j 16,8 \Omega$$

Dengan,

X_{t0} : Reaktansi urutan nol trafo

Z_{t0} : Impedansi urutan nol trafo

(Kadarisman:2004)

4.4.4 Menghitung I base dan Z base

$$I_{\text{base}} = \frac{\text{MVA}}{\sqrt{3} \times \text{kVbase}} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 20} = 2,886 \text{ kA}$$

$$Z_{\text{base}} = \frac{\text{kVbase} \div \sqrt{3}}{I_{\text{base}}} = \frac{20 \div \sqrt{3}}{2,886} = 4 \text{ ohm}$$

Dengan,

I base : Arus Base

MVA : Daya dasar atau daya base

KV_{base} : Tegangan trafo

Z base : Impedansi Base

4.4.5 Impedansi Penyulang

Perhitungan impedansi bergantung pada besarnya impedansi per km dari penyulang yang bersangkutan, yang dimana nilai ditentukan dari jenis penghantar yang digunakan, luas penampang dan panjang jaringan SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah) atau kabel tanah untuk jaringan SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah). Sedangkan untuk nilai impedansi urutan positif dan nol (Solid Grounded) menurut SPLN No : 064 1985 sebagai berikut.

Tabel 4.3. Nilai Impedansi Urutan Positif dan Nol

No.	Penampang Nominal (mm ²)	Jari-jari (mm)	Urat	Impedansi urutan positif (Ω/km)	Impedansi urutan Nol (Ω/km)
1	16	2,2563	7	2,0161 + j0,4036	2,1641 + j1,6911
2	25	2,8203	7	1,2903 + j0,3895	1,4384 + j1,6770
3	35	3,3371	7	0,9217 + j0,3790	1,0697 + j1,6665
4	50	3,9886	7	0,6452 + j0,3678	0,7932 + j1,6553
5	70	4,7193	7	0,4608 + j0,3572	0,6088 + j1,6447
6	95	5,4979	19	0,3396 + j0,3449	0,4876 + j1,6324

Tabel 4.3. Nilai Impedansi Urutan Positif dan Nol (Lanjutan)

No.	Penampang Nominal (mm ²)	Jari-jari (mm)	Urat	Impedansi urutan positif (Ω/km)	Impedansi urutan Nol (Ω/km)
7	120	6,1791	19	0,2688 + j0,3376	0,4168 + j1,6251
8	150	6,9084	19	0,2162 + j0,3305	0,3224 + j1,6180
9	185	7,6722	19	0,1744 + j0,3239	0,3224 + j1,6114
10	240	8,7386	19	0,1344 + j0,3158	0,2824 + j1,6034

(Hardiansyah:2016)

Berdasarkan tabel diatas untuk menghitung impedansi jaringan pada gardu induk wonosobo dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini, berikut merupakan perhitungan impedansi dengan mengambil contoh *feeder* WBO03 pada jarak 100%

4.4.6. Impedansi *Feeder* WBO03

$$\begin{aligned}
 Z_1=Z_2 \text{ (AAAC 240 mm}^2\text{)} &= (0,1344 + j0,3158) \times \text{jarak penyulang} \\
 &= (0,1344 + j0,3158) \times 15,1 \text{ km} \\
 &= 2,02944 + j 4,76858
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_0 \text{ (AAAC 150 mm}^2\text{)} &= (0,3224 + j1,618) \times \text{jarak penyulang} \\
 &= (0,3224 + j1,618) \times 15,1 \text{ km} \\
 &= 4,86824 + j 24,4318
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa impedansi pada jarak 15,1 km atau ujung penyulang (100%) sebagai berikut:

$$Z_1=Z_2= 2,02944 + j 4,76858$$

$$Z_0= 4,86824 + j 24,4318$$

Dengan melalui perhitungan yang sama maka nilai impedansi saluran pada jarak 0%, 10% hingga 100% pada *feeder* WBO03 dan *feeder* WBO04 dapat diketahui. Berikut tabel hasil perhitungan impedansi penyulang WBO03 dan WBO04.

Tabel 4.4. Hasil perhitungan impedansi saluran WBO03

No.	Jarak	Jarak (KM)	$Z_1 = Z_2$ (ohm)	Z_0 (ohm)
1	0%	0	0	0
2	10%	1.51	0.202944 + j 0.476858	0.486824 + j 2.44318
3	20%	3.02	0.405888 + j 0.953716	0.973648 + j 4.88636
4	<i>Recloser</i>	3.8	0.51072 + j 1.20004	1.22512 + j 6.1484
5	30%	4.53	0.608832 + j 1.430574	1.460472 + j 7.32954
6	40%	6.04	0.811776 + j 1.907432	1.947296 + j 9.77272
7	50%	7.55	1.01472 + j 2.38429	2.43412 + j 12.2159
8	60%	9.06	1.217664 + j 2.861148	2.920944 + j 14.65908
9	70%	10.57	1.420608 + j 3.338006	3.407768 + j 17.10226
0	80%	12.08	1.623552 + j 3.814864	3.894592 + j 19.54544
11	90%	13.59	1.826496 + j 4.291722	4.381416 + j 21.98862
12	100%	15.1	2.02944 + j 4.76858	4.86824 + j 24.4318

Tabel 4.5. Hasil perhitungan impedansi saluran WBO04

No.	Jarak	Jarak (Km)	$Z_1=Z_2(\text{ohm})$	$Z_0(\text{ohm})$
1	0%	0	0	0
2	10%	0.8	$0.10752 + j 0.25264$	$0.25792 + j 1.2944$
3	20%	1.6	$0.21504 + j 0.50528$	$0.51584 + j 2.5888$
4	30%	2.4	$0.32256 + j 0.75792$	$0.77376 + j 3.8832$
5	40%	3.2	$0.43008 + j 1.01056$	$1.03168 + j 5.1776$
6	<i>Recloser</i>	3.8	$0.51072 + j 1.20004$	$1.22512 + j 6.1484$
7	50%	4	$0.5376 + j 1.2632$	$1.2896 + j 6.472$
8	60%	4.8	$0.64512 + j 1.51584$	$1.54752 + j 7.7664$
9	70%	5.6	$0.75264 + j 1.76848$	$1.80544 + j 9.0608$
10	80%	6.4	$0.86016 + j 2.02112$	$2.06336 + j 10.3552$
11	90%	7.2	$0.96768 + j 2.27376$	$2.32128 + j 11.6496$
12	<i>Recloser</i>	7.7	$1.03488 + j 2.43166$	$2.48248 + j 12.4586$
13	100%	8	$1.0752 + j 2.5264$	$2.5792 + j 12.944$

4.4.7 Menghitung Impedansi Jaringan

Untuk menghitung arus hubung singkat langkah selanjutnya kita harus menghitung impedansi jaringan dalam satuan per unit (pu) dengan menggunakan

persamaan dibawah ini dan memasukan hasil perhitungan pada bagian atas sehingga perhitungan per unit dapat terselesaikan.

Dibawah ini contoh perhitungan impedansi jaringan pada WBO03 pada jarak 10% dari gardu induk.

$$\begin{aligned} Z_{eq} &= R + X + X_s + X_t \\ &= 0,202 + j 0,476 + j 0,095 + j 1,680 \\ &= 0,202 + j 2,029 \end{aligned}$$

$$R_{pu} = \frac{R}{Z_{base}} = \frac{0,202}{4} = 0,0505 \text{ pu}$$

$$X_{pu} = \frac{X}{Z_{base}} = \frac{2,029}{4} = 0,5072 \text{ pu}$$

Dengan melalui perhitungan yang sama kita hitung semuanya pada jarak 10%, 20% sampai 100% *feeder* WBO03 dan WBO04 dengan hasil seperti pada table dibawah.

Tabel 4.6. Nilai impedansi jaringan WBO03

No.	Jarak	Jarak (Km)	$Z_1=Z_2$		Z_0	
			r(pu)	x(pu)	r(pu)	x(pu)
1	0%	0	0	0.44375	0	0.44375
2	10%	1.51	0.05074	0.56296	0.12171	1.05455
3	20%	3.02	0.10147	0.68218	0.24341	1.66534
4	<i>Recloser</i>	3.8	0.12768	0.74376	0.30628	1.98085
5	30%	4.53	0.15221	0.80139	0.36512	2.27614

Tabel 4.6. Nilai impedansi jaringan WBO03 (Lanjutan)

No.	Jarak	Jarak (Km)	$Z_1=Z_2$		Z_0	
			r(pu)	x(pu)	r(pu)	x(pu)
6	40%	6.04	0.20294	0.92061	0.48682	2.88693
7	50%	7.55	0.25368	1.03982	0.60853	3.49773
8	60%	9.06	0.30442	1.15904	0.73024	4.10852
9	70%	10.57	0.35515	1.27825	0.85194	4.71932
10	80%	12.08	0.40589	1.39747	0.97365	5.33011
11	90%	13.59	0.45662	1.51668	1.09535	5.94091
12	100%	15.1	0.50736	1.63589	1.21706	6.5517

Tabel 4.7. Nilai impedansi Jaringan WBO04

No.	Jarak	Jarak (Km)	$Z_1=Z_2$		Z_0	
			r(pu)	x(pu)	r(pu)	x(pu)
1	0%	0	0	0.44375	0	0.44375
2	10%	0.8	0.02688	0.50691	0.06448	0.76735
3	20%	1.6	0.05376	0.57007	0.12896	1.09095
4	30%	2.4	0.08064	0.63323	0.19344	1.41455
5	40%	3.2	0.10752	0.69639	0.25792	1.73815
6	<i>Recloser</i>	3.8	0.12768	0.74376	0.30628	1.98085
7	50%	4	0.1344	0.75955	0.3224	2.06175
8	60%	4.8	0.16128	0.82271	0.38688	2.38535
9	70%	5.6	0.18816	0.88587	0.45136	2.70895

Tabel 4.7. Nilai impedansi Jaringan WBO04 (Lanjutan)

No.	Jarak	Jarak (Km)	$Z_1=Z_2$		Z_0	
			r(pu)	x(pu)	r(pu)	x(pu)
10	80%	6.4	0.21504	0.94903	0.51584	3.03255
11	90%	7.2	0.24192	1.01219	0.58032	3.35615
12	<i>Recloser</i>	7.7	0.25872	1.05167	0.62062	3.5584
13	100%	8	0.2688	1.07535	0.6448	3.67975

4.5 Menghitung Arus Hubung Singkat

Selanjutnya kita dapat menghitung arus hubung singkat, Setelah kita menghitung nilai impedansi ekivalen pada lokasi gangguan, selanjutnya dengan nilai itu kita dapat menghitung arus hubung singkat. Gangguan hubung singkat terdiri dari hubung singkat 3 fasa, hubung singkat 2 fasa, dan hubung singkat satu fasa ke tanah.

4.5.1. Menghitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

Untuk menghitung arus hubung singkat 3 fasa kita menggunakan persamaan (2.1), Dibawah ini contoh perhitungan arus hubung singkat 3 fasa pada lokasi gangguan 10% *feeder* WBO03.

$$I_{3\text{fasa}} (\text{pu}) = \frac{V_{\text{ps}}}{Z_{1 \text{ eq}}} = \frac{E_a}{Z_{1 \text{ eq}}} = \frac{1}{\sqrt{(0,0507^2 + 0,5629^2)}} = 1,7693 \text{ pu}$$

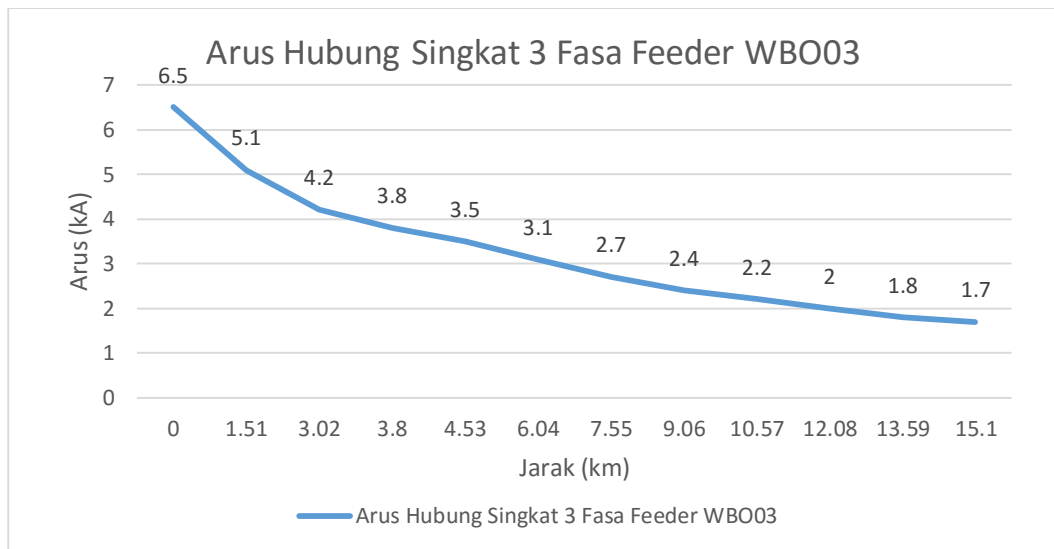
$$\begin{aligned} I_{3 \text{ fasa}} (\text{A}) &= I_{3 \text{ fasa}} (\text{pu}) \times I_{\text{base}} = 1,7693 \times 2,886 \text{ kA} \\ &= 5,10619 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$= 5106,19 \text{ A}$$

Dengan melalui perhitungan yang sama kita hitung semua gangguan pada jarak 10%, 20% sampai 100% *feeder* WBO03 dan WBO04 maka nilai arus hubung singkat 3 fasa kita dapat pada table dibawah.

Tabel 4.8. Nilai arus hubung singkat 3 fasa *feeder* WBO03

No.	Jarak	Jarak (Km)	Arus hubung singkat 3 fasa	
			Pu	kA
1	0%	0	2.25352	6.50366
2	10%	1.51	1.76914	5.10574
3	20%	3.02	1.44994	4.18452
4	<i>Recloser</i>	3.8	1.32514	3.82434
5	30%	4.53	1.22591	3.53798
6	40%	6.04	1.06076	3.06138
7	50%	7.55	0.93430	2.69639
8	60%	9.06	0.83448	2.40832
9	70%	10.57	0.75377	2.17537
10	80%	12.08	0.68718	1.98321
11	90%	13.59	0.63134	1.82205
12	100%	15.1	0.58385	1.68499



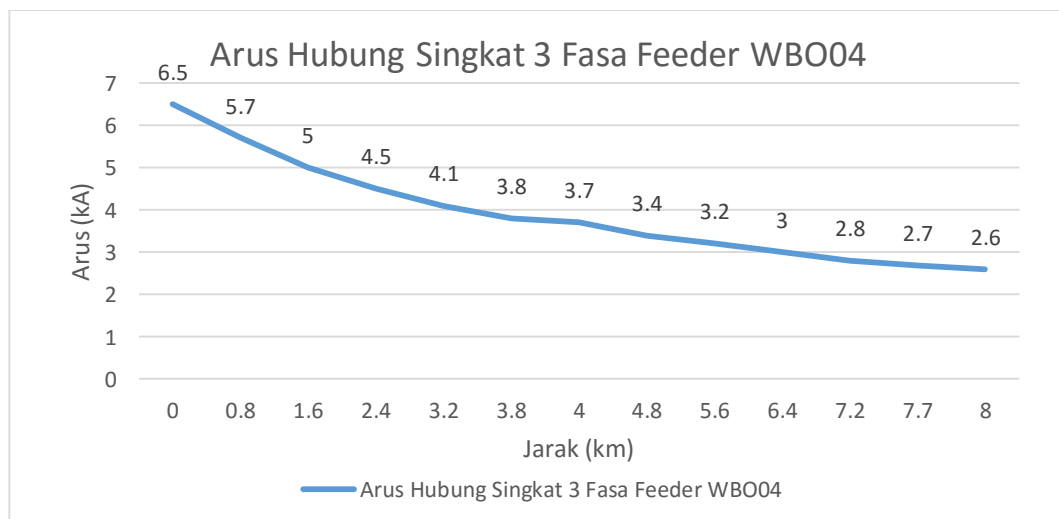
Gambar 4.2 Grafik nilai arus hubung singkat 3 fasa terhadap jarak.

Tabel 4.9 Nilai arus hubung singkat 3 fasa *feeder* WBO04

No.	Jarak	Jarak (Km)	Arus hubung singkat 3 fasa	
			Pu	kA
1	0%	0	2.25352	6.50366
2	10%	0.8	1.96997	5.68533
3	20%	1.6	1.74642	5.04017
4	30%	2.4	1.56655	4.52107
5	40%	3.2	1.41916	4.09570
6	<i>Recloser</i>	3.8	1.32514	3.82434
7	50%	4	1.29643	3.74149
8	60%	4.8	1.19279	3.44239
9	70%	5.6	1.10420	3.18672

Tabel 4.9 Nilai arus hubung singkat 3 fasa *feeder* WBO04 (Lanjutan)

No.	Jarak	Jarak (Km)	Arus hubung singkat 3 fasa	
			Pu	kA
10	80%	6.4	1.02766	2.96581
11	90%	7.2	0.96089	2.77314
12	<i>Recloser</i>	7.7	0.92334	2.66477
13	100%	8	0.90217	2.60367

**Gambar 4.3** Grafik nilai arus hubung singkat 3 fasa terhadap jarak.

4.5.2. Menghitung Arus Hubung Singkat 2 Fasa

Selanjutnya kita menghitung arus hubung singkat 2 fasa, untuk menghitung arus hubung singkat 2 fasa kita dapat menggunakan persamaan (2.2). Berikut ini merupakan contoh perhitungan arus hubung singkat 2 fasa pada lokasi gangguan 10% pada *feeder* WBO03.

$$I_{2 \text{ fasa}} (\text{pu}) = \frac{V_{\text{ph-ph}}}{Z_{1\text{eq}} + Z_{2\text{eq}}} = \frac{E_a}{Z_{1\text{eq}} + Z_{2\text{eq}}}$$

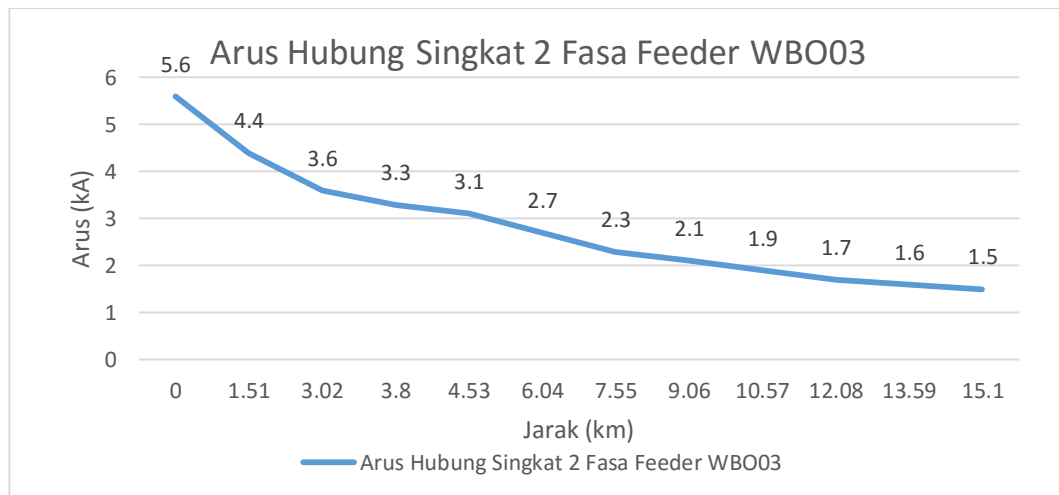
$$= \frac{\sqrt{3} \times 1}{2 \times (\sqrt{(0,0507^2 + 0,5629^2)})} = 1,532 \text{ pu}$$

$$I_{2 \text{ fasa}} (\text{A}) = I_{2 \text{ fasa}} (\text{pu}) \times I_{\text{base}} = 1,532 \times 2,886 \text{ kA} = 4422,228 \text{ A}$$

Dengan melalui perhitungan yang sama kita hitung semua gangguan pada jarak 10%, 20% sampai 100% *feeder* WBO03 dan WBO04 maka nilai arus hubung singkat 2 fasa kita dapat pada table dibawah ini.

Tabel 4.10. Nilai arus hubung singkat 2 fasa WBO03

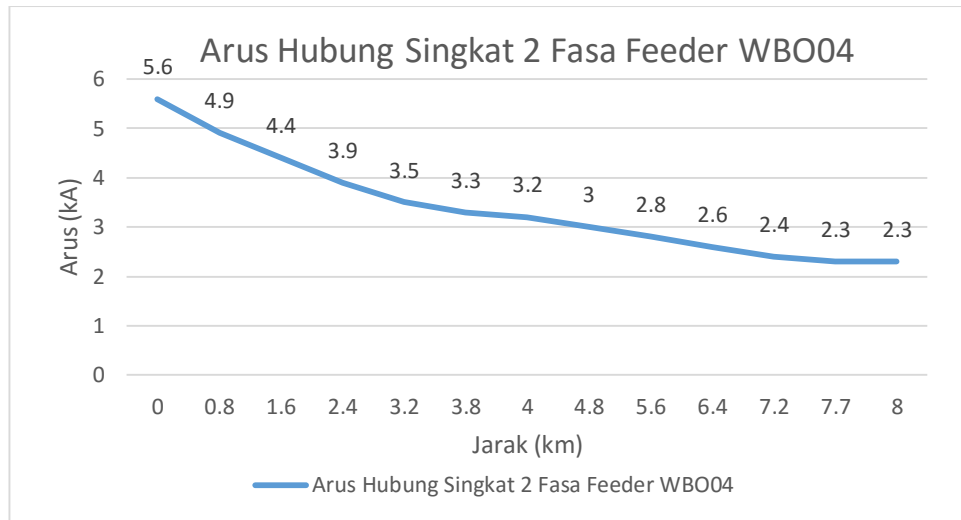
No.	Jarak	Jarak (Km)	Arus hubung singkat 2 fasa	
			pu	kA
1	0%	0	1.95160	5.63234
2	10%	1.51	1.53212	4.42170
3	20%	3.02	1.25568	3.62390
4	<i>Recloser</i>	3.8	1.14760	3.31198
5	30%	4.53	1.06167	3.06398
6	40%	6.04	0.91865	2.65123
7	50%	7.55	0.80913	2.33514
8	60%	9.06	0.72268	2.08566
9	70%	10.57	0.65278	1.88392
10	80%	12.08	0.59512	1.71751
11	90%	13.59	0.54676	1.57794
12	100%	15.1	0.50563	1.45925



Gambar 4.4 Grafik nilai arus hubung singkat 2 fasa terhadap jarak.

Tabel 4.11 Nilai arus hubung singkat 2 fasa WBO04

No.	Jarak	Jarak (Km)	Arus hubung singkat 2 fasa	
			pu	kA
1	0%	0	1.95161	5.63234
2	10%	0.8	1.70604	4.92364
3	20%	1.6	1.51245	4.36492
4	30%	2.4	1.35668	3.91536
5	40%	3.2	1.22903	3.54698
6	<i>Recloser</i>	3.8	1.14760	3.31198
7	50%	4	1.12274	3.24023
8	60%	4.8	1.03299	2.98120
9	70%	5.6	0.95627	2.75978
10	80%	6.4	0.88998	2.56847
11	90%	7.2	0.83216	2.40160
12	<i>Recloser</i>	7.7	0.79964	2.30775
13	100%	8	0.78130	2.25484



Gambar 4.5 Grafik nilai arus hubung singkat 2 fasa terhadap jarak.

4.5.3 Menghitung Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah

Untuk melakukan perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dengan persamaan (2.3), Di bawah ini contoh perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah pada lokasi gangguan 10% pada *feeder* WBO03

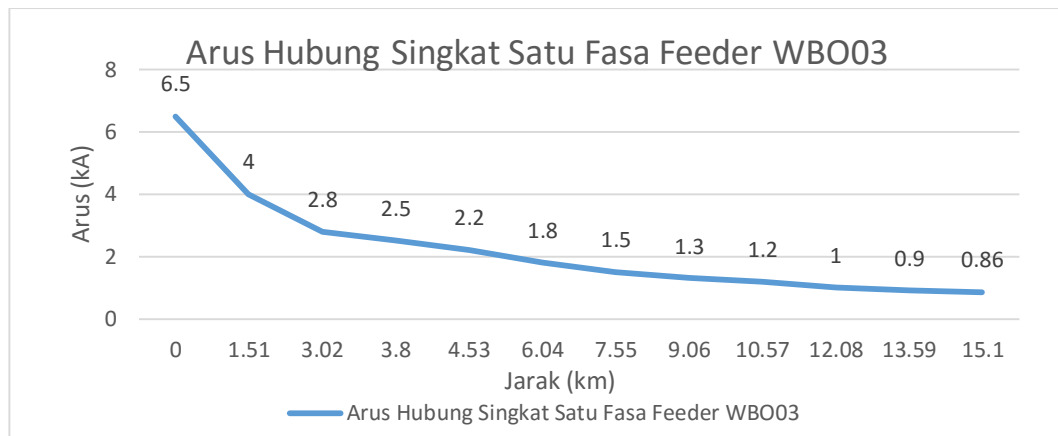
$$\begin{aligned}
 I_{1 \text{ fasa-tanah}} (\text{pu}) &= \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}} + Z_{0 \text{ eq}}} = \frac{3 \times E_a}{Z_{1 \text{ eq}} + Z_{2 \text{ eq}} + Z_{0 \text{ eq}}} \\
 &= \frac{3 \times 1}{(\sqrt{0,0507^2 + 0,5629^2}) + (\sqrt{0,0507^2 + 0,5629^2}) + (\sqrt{0,1217^2 + 1,0545^2})} \\
 &= 1,3687 \text{ pu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{1 \text{ fasa-tanah}} (\text{A}) &= I_{1 \text{ fasa}} (\text{pu}) \times I_{\text{base}} = 1,3687 \times 2,886 \text{ kA} \\
 &= 3,9500 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

Dengan melalui perhitungan yang sama kita hitung semua gangguan pada jarak 10%, 20% sampai 100% *feeder* WBO03 dan WBO04 maka nilai arus hubung singkat 1 fasa ke tanah kita dapat pada table dibawah ini.

Tabel 4.12 Nilai perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah WBO03

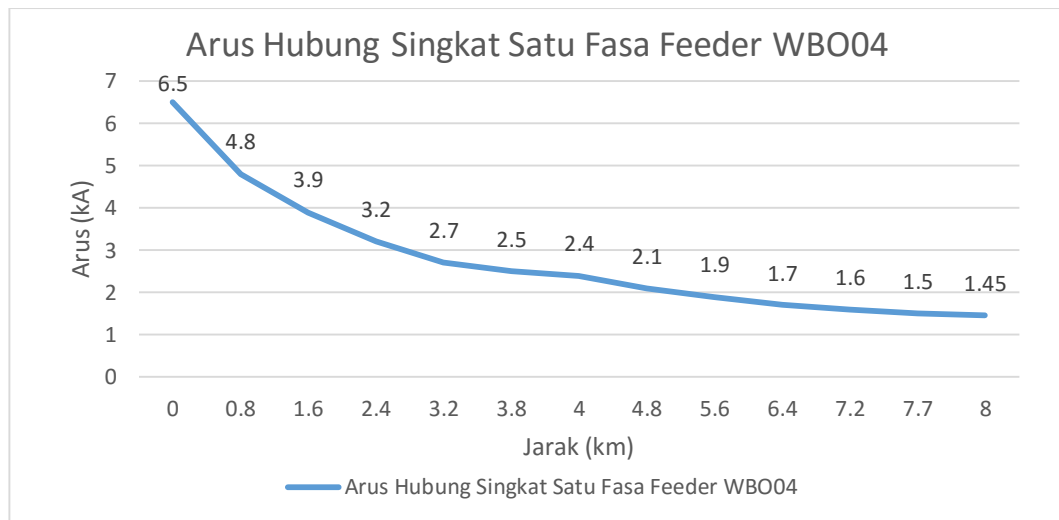
No.	Jarak	Jarak (Km)	Arus hubung singkat satu fasa ke tanah	
			pu	kA
1	0%	0	2.25352	6.50366
2	10%	1.51	1.36859	3.9500
3	20%	3.02	0.97962	2.82719
4	<i>Recloser</i>	3.8	0.85381	2.46409
5	30%	4.53	0.76206	2.19931
6	40%	6.04	0.62330	1.79883
7	50%	7.55	0.52716	1.52137
8	60%	9.06	0.45665	1.31789
9	70%	10.57	0.40274	1.16231
10	80%	12.08	0.36020	1.03953
11	90%	13.59	0.32577	0.94018
12	100%	15.1	0.29734	0.85814



Gambar 4.6 Grafik nilai arus hubung singkat satu fasa terhadap jarak.

Tabel 4.13 Nilai perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah WBO04

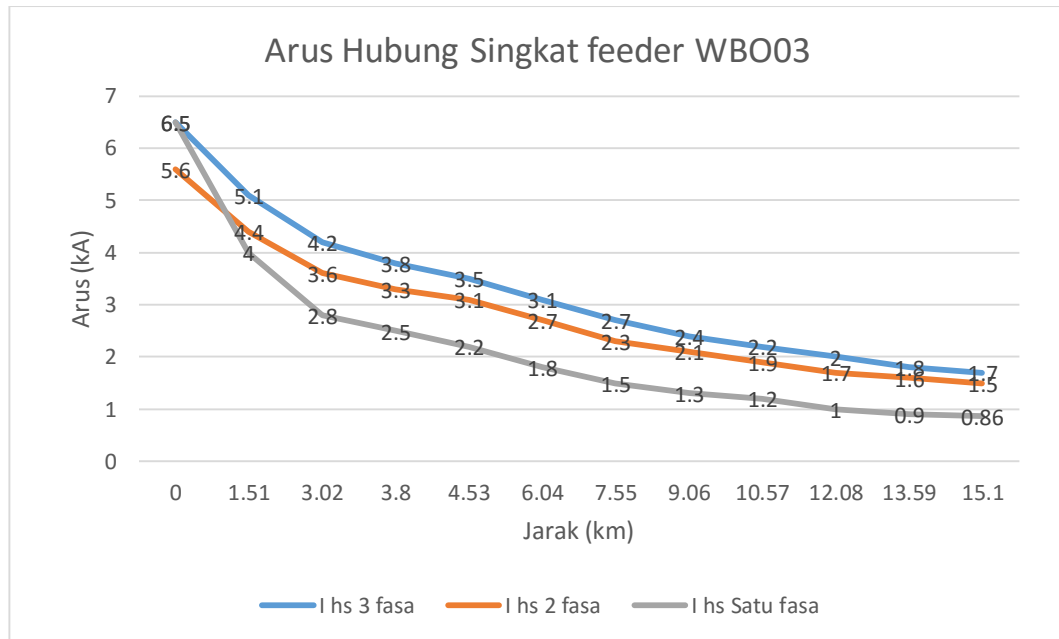
No.	Jarak	Jarak (Km)	Arus hubung singkat satu fasa ke tanah	
			Pu	kA
1	0%	0	2.25352	6.50366
2	10%	0.8	1.68039	4.84961
3	20%	1.6	1.33705	3.85873
4	30%	2.4	1.10930	3.20145
5	40%	3.2	0.94743	2.73428
6	<i>Recloser</i>	3.8	0.85380	2.46409
7	50%	4	0.82656	2.38545
8	60%	4.8	0.73291	2.11518
9	70%	5.6	0.65825	1.89970
10	80%	6.4	0.59734	1.72392
11	90%	7.2	0.54671	1.57781
12	<i>Recloser</i>	7.7	0.51920	1.49840
13	100%	8	0.50397	1.45447



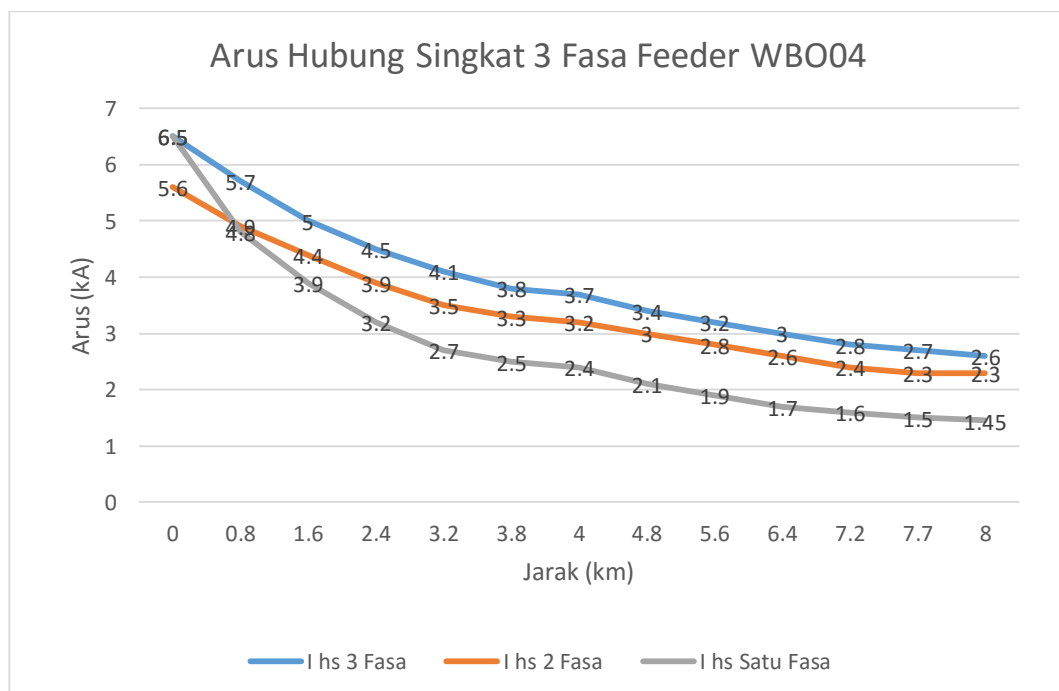
Gambar 4.7 Grafik nilai arus hubung singkat satu fasa terhadap jarak.

4.5.4 Analisis Grafik Arus Hubung Singkat

Berikut merupakan grafik yang menjelaskan nilai arus hubung singkat terhadap jarak. Arus hubung singkat terdiri dari hubung singkat 3 fasa yang digambarkan dengan garis warna biru, hubung singkat 2 fasa yang digambarkan dengan garis yang berwarna oranye, dan hubung singkat satu fasa ke tanah yang digambarkan dengan garis yang berwarna abu-abu. Jarak yang ada dalam grafik merupakan jarak bernilai persen 10%, 20% hingga 100% dan di ubah dalam satuan KM (Kilometer). Sehingga terlihat grafik perbandingan nilai arus hubung singkat terhadap jarak. Ada dua grafik yang pertama merupakan grafik arus hubung singkat *feeder* WBO03 dan yang kedua grafik arus hubung singkat *feeder* WBO04.



Gambar 4.8 Grafik Arus hubung singkat *feeder* WBO03



Gambar 4.9 Grafik Arus hubung singkat *feeder* WBO04

Relay incoming merupakan *relay* yang ditempatkan pada bagian atas sebelum masuk *feeder* yang terdiri atas OCR dan GFR. Perhitungan untuk *relay incoming* proteksi pada Gardu Induk Wonosobo sebagai berikut.

A. Perhitungan *setting over current relay incoming*

$$I_{set\ primer} = 1,2 \times I_{beban\ max} = 1,2 \times 866,025\ A$$

$$I_{set\ primer} = 1039,23\ A$$

$$I_{set\ sekunder} = \frac{I_{set\ primer}}{ratio\ CT} = \frac{1039,23\ A}{2000:5} = \frac{1039,23\ A}{400}$$

$$I_{set\ sekunder} = 2,598\ A$$

$$TMS = \frac{t_{op} \times \left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\ fasa}}{I_{set\ primer}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = \frac{0,75 \times \left[\left(\frac{6503,661}{1039,23} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = 0,2001$$

Pada perhitungan *setting OCR incoming relay* waktu kerja (t_{op}) adalah t_{op} OCR pada *outgoing relay* ditambah 0,4 detik dengan tujuan sebagai waktu tunda (*delay time*) antara *relay incoming* dan *relay outgoing*.

B. Perhitungan *setting ground fault relay incoming*

$$I_{set\ primer} = 0,4 \times I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ terkecil} = 0,4 \times 858,135\ A$$

$$I_{set\ primer} = 343,254\ A$$

$$I_{set\ sekunder} = \frac{I_{set\ primer}}{ratio\ CT} = \frac{343,254\ A}{2000:5} = \frac{343,254\ A}{400}$$

$$I_{set\ sekunder} = 0,858\ A$$

$$TMS = \frac{t_{op} \times \left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\ \Phi\ tanah}}{I_{set\ primer}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = \frac{0,75 \times \left[\left(\frac{6503,661}{343,254} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = 0,324$$

Hasil perhitungan diatas dapat dilihat seperti pada tabel berikut

Tabel 4.14 Hasil perhitungan *setting relay incoming*

<i>Relay incoming</i>	<i>Setting hasil perhitungan</i>	
OCR	tms	0,2001
	rasio CT	2000:5
	t (s)	0,75
	I set primer	1039,23 A
	I set sekunder	2,598 A
GFR	tms	0,324
	rasio CT	2000:5
	t (s)	0,75
	I set primer	343,254 A
	I set sekunder	0,858 A

$$I_{set\ sekunder} = \frac{I_{set\ primer}}{ratio\ CT} = \frac{228\ A}{600:5} = \frac{228\ A}{120}$$

$$I_{set\ sekunder} = 1,9\ A$$

$$TMS = \frac{t_{op} \times \left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\ fasa}}{I_{set\ primer}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = \frac{0,35 \times \left[\left(\frac{6503,661}{228} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = 0,173$$

Pada perhitungan I_{set} primer *relay* OCR menggunakan nilai konstanta sebesar 1,2 dengan tujuan memberikan toleransi arus yang mengalir pada jaringan sebesar 0,2 kali nilai arus normal maksimum. Sedangkan nilai waktu kerja *relay* OCR (t_{op}) adalah 3,5 detik, hal ini untuk menghindari saat *feeder* dioperasikan timbul *insrush current* (arus naik) dari trafo yang waktu nya 0,3 detik.

B. Perhitungan *setting ground fault relay outgoing*

$$I_{set\ primer} = 0,3 \times I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ terkecil} = 0,3 \times 858,135\ A$$

$$I_{set\ primer} = 257,440\ A$$

$$I_{set\ sekunder} = \frac{I_{set\ primer}}{ratio\ CT} = \frac{257,440\ A}{600:5} = \frac{257,440\ A}{120}$$

$$I_{set\ sekunder} = 2,145\ A$$

$$TMS = \frac{t_{op} \times \left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah}}{I_{set\ primer}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = \frac{0,35 \times \left[\left(\frac{6503,661}{257,440} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = 0,166$$

Pada perhitungan I_{set} primer *relay* GFR menggunakan konstanta 0,3 hal ini untuk mengantisipasi apabila salah satu penghantar tersentuh oleh pepohonan. Untuk waktu kerja *relay* GFR (t_{op}) minimum 0,3 detik dengan tujuan yang sama seperti waktu kerja *relay* OCR.

Tabel 4.15 Hasil perhitungan *setting relay outgoing feeder* WBO03

<i>Relay outgoing</i>	<i>Setting hasil perhitungan</i>	
OCR	tms	0,173
	rasio CT	600:5
	t (s)	0,35
	I set primer	228 A
	I set sekunder	1,9 A
GFR	tms	0,166
	rasio CT	600:5
	t (s)	0,35
	I set primer	257,440 A
	I set sekunder	2,145 A

$$I_{set} = 228 \text{ A}$$

$$TMS_{Rec I} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\Phi\ Rec\ I}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op} = \frac{\left[\left(\frac{3824,341}{228} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,25$$

$$TMS_{Rec I} = 0,103$$

- *Ground fault relay*

$$I_{set} = 0,12 \times I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ terkecil} = 0,12 \times 858,135 \text{ A}$$

$$I_{set} = 102,976 \text{ A}$$

$$TMS_{Rec I} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ Rec\ I}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op} = \frac{\left[\left(\frac{2464,091}{102,976} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,25$$

$$TMS_{Rec I} = 0,117$$

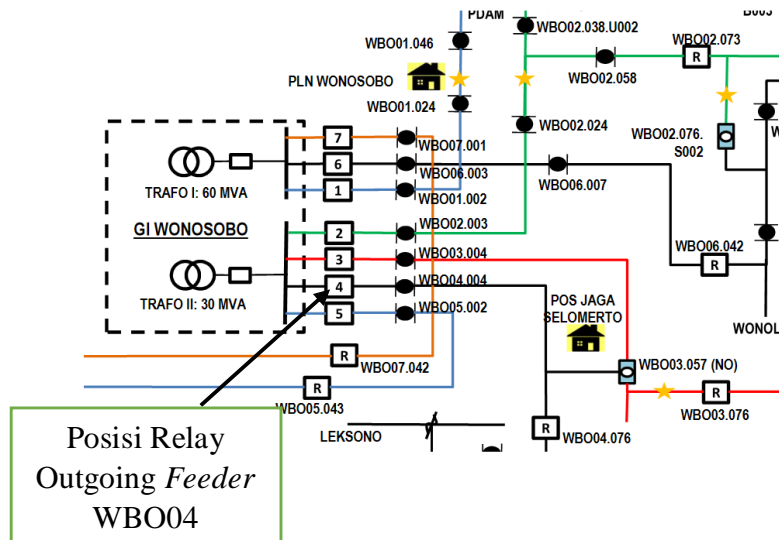
Hasil perhitungan *setting recloser* pada jaringan WBO03 dengan kurva karakteristik *standard inverse* dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil perhitungan *setting recloser feeder* WBO03

<i>Recloser</i>	Hasil perhitungan <i>setting recloser</i>		
	<i>setting</i>	OCR	GFR
<i>Recloser I</i>	TMS	0,103	0,117
	t _{op} (detik)	0,25	0,25
	I _{set} (A)	228	102,976

4.8 Perhitungan Feeder WBO03

4.8.1 Perhitungan Setting Outgoing Relay Feeder WBO04



Gambar 4.13 Posisi *Relay Outgoing Feeder* WBO04

Relay outgoing WBO04 Terletak dibawah *relay incoming*, yaitu pada awal jaringan *feeder* WBO04 *relay* ini melindungi jaringan *feeder* WBO04. *Relay outgoing* trafo terdiri atas OCR (*overcurrent relay*) dan GFR (*groundfault relay*). Perhitungan untuk *relay outgoing* trafo untuk *feeder* WBO04 sebagai berikut.

A. Perhitungan *setting over current relay outgoing*

$$I_{set\ primer} = 1,2 \times I_{beban\ max} = 1,2 \times 190\ A$$

$$I_{set\ primer} = 228\ A$$

$$I_{set\ sekunder} = \frac{I_{set\ primer}}{ratio\ CT} = \frac{228\ A}{600:5} = \frac{228\ A}{120}$$

$$I_{set\ sekunder} = 1,9\ A$$

$$TMS = \frac{t_{op} \times \left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\ fasa}}{I_{set\ primer}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = \frac{0,35 \times \left[\left(\frac{6503,661}{228} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = 0,173$$

Pada perhitungan I_{set} primer *relay* OCR menggunakan nilai konstanta sebesar 1,2 dengan tujuan memberikan toleransi arus yang mengalir pada jaringan sebesar 0,2 kali nilai arus normal maksimum. Sedangkan nilai waktu kerja *relay* OCR (t_{op}) adalah 3,5 detik, hal ini untuk menghindari saat *feeder* dioperasikan timbul *insrush current* (arus naik) dari trafo yang waktu nya 0,3 detik.

B. Perhitungan *setting ground fault relay outgoing*

$$I_{set\ primer} = 0,3 \times I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ terkecil} = 0,3 \times 1454,46\ A$$

$$I_{set\ primer} = 436,338\ A$$

$$I_{set\ sekunder} = \frac{I_{set\ primer}}{ratio\ CT} = \frac{436,338\ A}{600:5} = \frac{436,338\ A}{120}$$

$$I_{set\ sekunder} = 3,6361\ A$$

$$TMS = \frac{t_{op} \times \left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah}}{I_{set\ primer}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} = \frac{0,35 \times \left[\left(\frac{6503,661}{436,338} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$TMS = 0,138$$

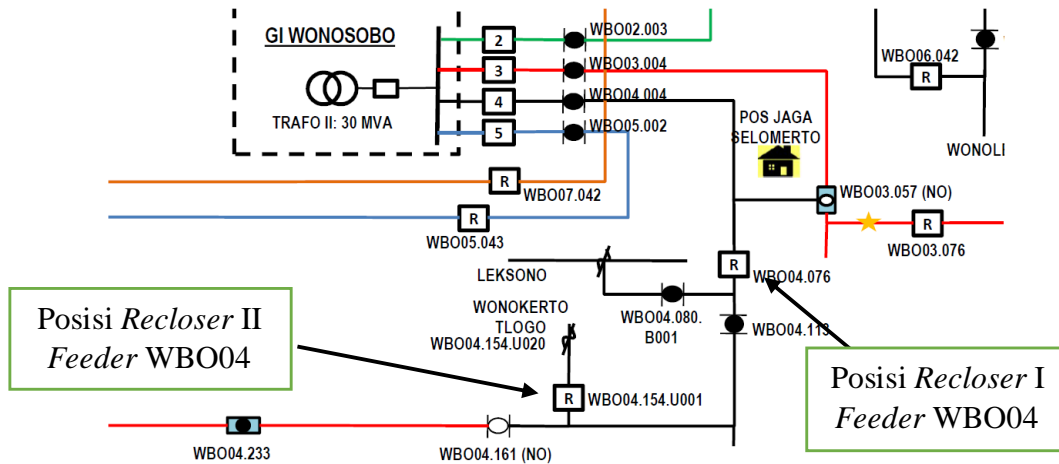
Pada perhitungan I_{set} primer *relay* GFR menggunakan konstanta 0,3 hal ini untuk mengantisipasi apabila salah satu penghantar tersentuh oleh pepohonan. Untuk waktu kerja *relay* GFR (t_{op}) minimum 0,3 detik dengan tujuan yang sama seperti waktu kerja *relay* OCR.

Tabel 4.17 Hasil perhitungan *setting relay outgoing feeder* WBO04

<i>Relay outgoing</i>	<i>Setting hasil perhitungan</i>	
OCR	tms	0,173
	rasio CT	600:5
	t (s)	0,35
	I set primer	228 A
	I set sekunder	1,9 A
GFR	tms	0,138
	rasio CT	600:5
	t (s)	0,35
	I set primer	436,338 A
	I set sekunder	3,6361 A

Pada *setting relay outgoing* OCR dan GFR menggunakan kurva karakteristik *standard inverse time*. Waktu kerja (T_{op}) *relay outgoing* harus lebih dari 0,3 detik untuk menghindari *relay trip* ketika mendeteksi arus *inrush* dari trafo.

4.8.2 Perhitungan Setting Recloser Feeder WBO04



Gambar 4.14 Posisi Recloser pada jaringan Feeder WBO04.

Untuk menentukan *setting* kerja *recloser* menggunakan waktu kerja (t_{op}) 0,05 detik. Berikut perhitungan nilai *setting* arus dan TMS (*time multiple setting*) *recloser*.

A. Perhitungan nilai *setting* *recloser* I

- *Over current relay*

$$I_{set} = 1,2 \times I_{beban\ max} = 1,2 \times 190\ A$$

$$I_{set} = 228\ A$$

$$TMS_{Rec\ I} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\Phi\ Rec\ I}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op} = \frac{\left[\left(\frac{3824,341}{228} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,25$$

$$TMS_{Rec\ I} = 0,103$$

- *Ground fault relay*

$$I_{set} = 0,12 \times I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ terkecil} = 0,12 \times 1454,468\ A$$

$$I_{set} = 174,536 \text{ A}$$

$$TMS_{Rec I} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ Rec\ I}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op} = \frac{\left[\left(\frac{2464,091}{174,536} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,25$$

$$TMS_{Rec I} = 0,097$$

B. Perhitungan nilai *setting recloser II*

- *Over current relay*

$$I_{set} = 1,2 \times I_{beban\ max} = 1,2 \times 190 \text{ A}$$

$$I_{set} = 228 \text{ A}$$

$$TMS_{Rec II} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 3\Phi\ Rec\ II}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op} = \frac{\left[\left(\frac{2664,767}{228} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,05$$

$$TMS_{Rec II} = 0,0179$$

- *Ground fault relay*

$$I_{set} = 0,12 \times I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ terkecil} = 0,12 \times 1454,468 \text{ A}$$

$$I_{set} = 174,536 \text{ A}$$

$$TMS_{Rec II} = \frac{\left[\left(\frac{I_{hubung\ singkat\ 1\Phi\ tanah\ Rec\ II}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times t_{op} = \frac{\left[\left(\frac{1498,401}{174,536} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \times 0,05$$

$$TMS_{Rec II} = 0,015$$

Hasil perhitungan *setting recloser* pada jaringan WBO04 dengan kurva karakteristik *standard inverse* dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil perhitungan *setting recloser feeder* WBO04

<i>Recloser</i>	Hasil perhitungan <i>setting recloser</i>		
	<i>setting</i>	OCR	GFR
<i>Recloser I</i>	TMS	0,103	0,117
	$t_{op}(\text{detik})$	0,25	0,25
	$I_{set}(A)$	228	174,536
<i>Recloser II</i>	TMS	0,0179	0,015
	$t_{op}(\text{detik})$	0,05	0,05
	$I_{set}(A)$	228	174,536

Dari tabel 4.18 diatas nilai waktu kerja (t_{op}) *setting recloser I* dan *recloser II* memiliki selisih 0,2 detik dan interval penutupan balik selama satu detik. Hal ini sesuai dengan *standart* IEC 60255 dan SPLN 52-3: 1983 tentang koordinasi proteksi untuk memberikan kesempatan *recloser* terdekat ke ujung jaringan mendeteksi gangguan terlebih dahulu.

4.9 Perbandingan Nilai *Setting* Terpasang dan Nilai *Setting* Hasil Hitung

Dibawah ini merupakan nilai *setting* terpasang dan hasil hitungan yang meliputi *setting relay* OCR dan GFR serta *recloser* sehingga terlihat perbandingan antara nilai terpasang dan nilai hitung dan selanjutnya bisa dianalisis.

Tabel 4.19 Perbandingan antara *setting* terpasang dan *setting* hitungan (OCR)

<i>Setting</i>		Incoming Terpasang	Incoming Hitung	<i>Outgoing</i> WBO03 Terpasang	<i>Outgoing</i> WBO03 Hitung	<i>Outgoing</i> WBO04 Terpasang	<i>Outgoing</i> WBO04 Hitung
O C R	TMS	0.25	0,2001	0.23	0,173	0.23	0,173
	Rasio CT	2000:5	2000:5	600:5	600:5	600:5	600:5
	t (s)	0.7	0,75	0.3	0,35	0.3	0,35
	I set	1.02	2,598 A	0.6	1,9 A	0.6	1,9 A
G F R	TMS	0.45	0,324	0.27	0,166	0.27	0,138
	Rasio CT	2000:5	2000:5	600:5	600:5	600:5	600:5
	t (s)	0.7	0,75	0.3	0,35	0.3	0,35
	I set	1.04	0,858 A	0.6	2,145 A	0.6	3,6361 A

Tabel 4.20 Perbandingan antara *setting* terpasang dan *setting* hitungan (*Recloser*)

<i>Setting</i>		<i>Recloser</i> WBO03 Terpasang	<i>Recloser</i> WBO03 Hitung	<i>Recloser</i> WBO04 [1] Terpasang	<i>Recloser</i> WBO04 [1] Hitung	<i>Recloser</i> WBO04 [2] Terpasang	<i>Recloser</i> WBO04 [2] Hitung
O C R	TMS	0.35	0,103	0.26	0,103	0.3	0,0179
	Rasio CT	1000:1	1000:1	1000:1	1000:1	1000:1	1000:1
	t (s)	0.25	0,25	0.25	0,25	0.05	0,05
	I set	199.5	228	199.5	228	200	228
G F R	TMS	0.6	0,117	0.4	0,117	0.3	0,015
	Rasio CT	1000:1	1000:1	1000:1	1000:1	1000:1	1000:1
	t (s)	0.25	0,25	0.25	0,25	0.05	0,05
	I set	122	102,976	109	174,536	140	174,536

Setelah dilakukan perhitungan ada beberapa perbedaan nilai antara *setting* terpasang dan *setting* hasil perhitungan, yang mana diharapkan *setting* terhitung lebih baik atau lebih selektif. Selanjutnya setelah dilakukan perhitungan maka nilai *setting* dan nilai hasil perhitungan dimasukkan kedalam software aplikasi ETAP 12.6 untuk dilakukan simulasi.

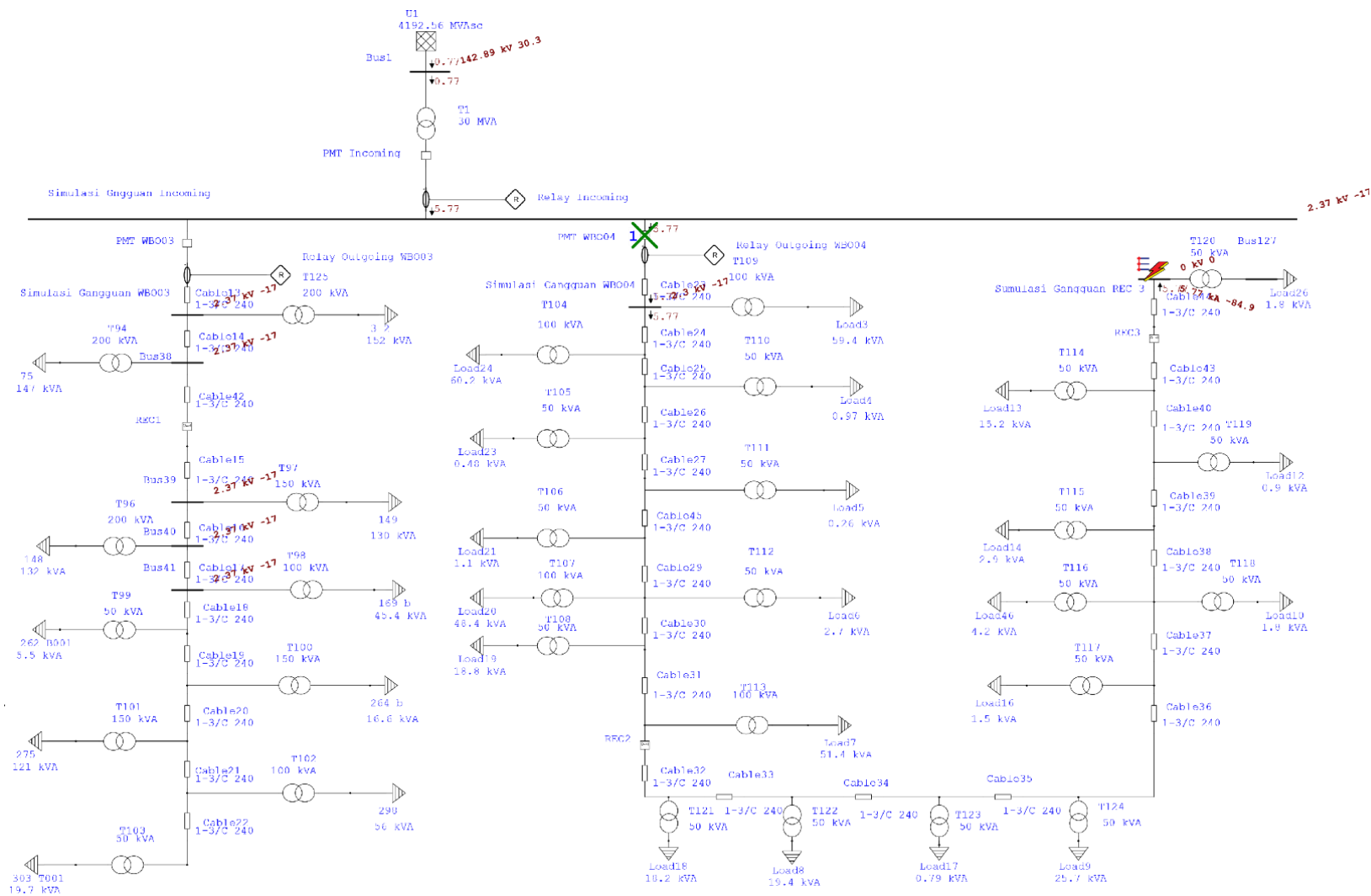
4.10 Simulasi Gangguan Menggunakan Software Aplikasi ETAP 12.6

Simulasi ini menggunakan software aplikasi ETAP 12.6 dengan fitur *star protective device coordination* serta memberikan gangguan pada *bus* dengan pilihan *fault insertion* dan memilih *bus* mana yang akan di berikan gangguan tersebut. Dalam hal ini ada dua jenis simulasi yang akan dilakukan yaitu simulasi dengan menggunakan nilai *setting* terpasang pada Gardu Induk Wonosobo, dan yang kedua menggunakan nilai *setting* terhitung.

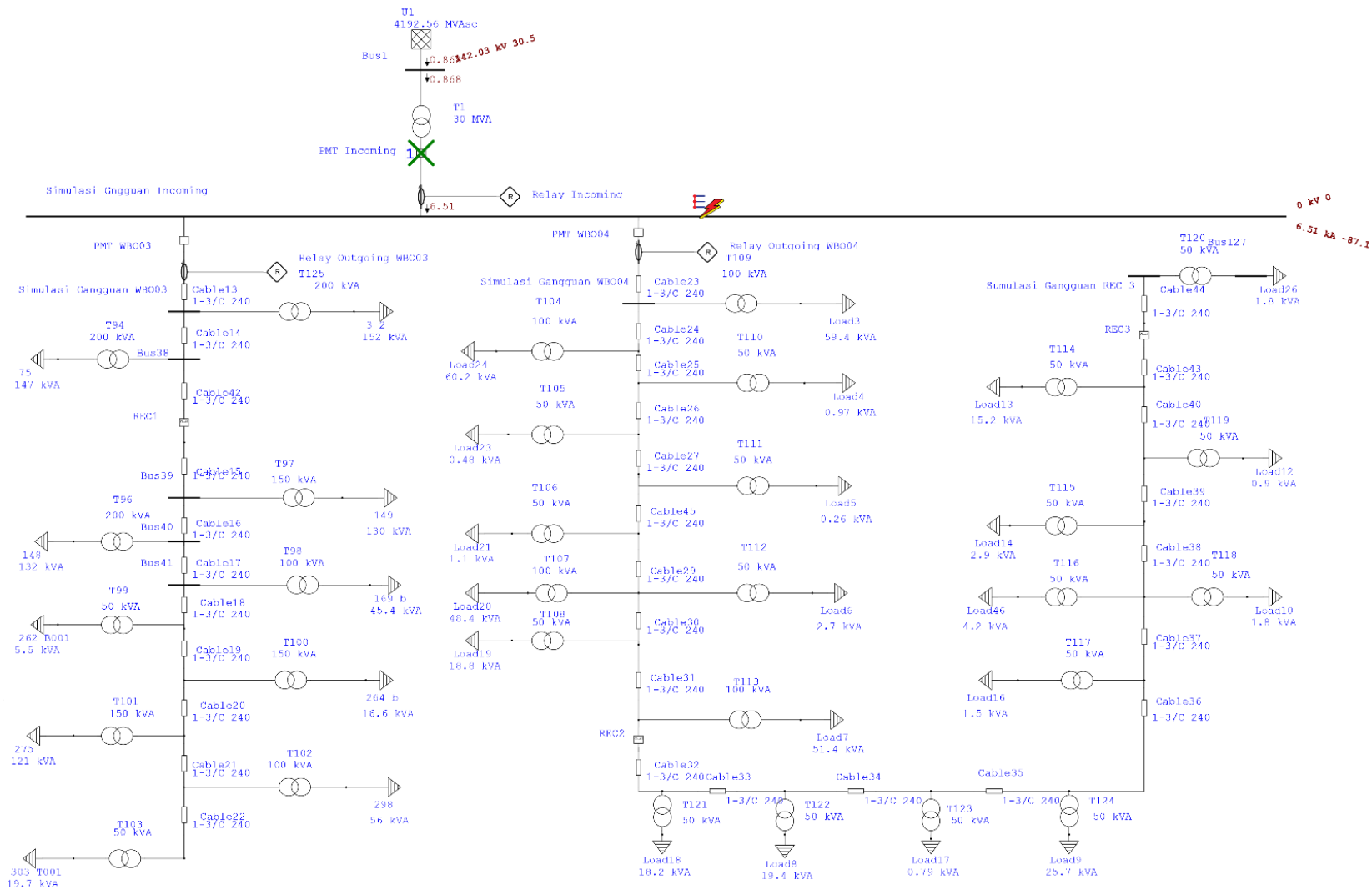
Simulasi menggunakan nilai *setting* terpasang pada gardu induk akan dilakukan dengan memberikan gangguan pada masing–masing *feeder*. Pertama akan dilakukan pemberian gangguan pada *feeder* WBO03 dilihat pada gambar 4.15, sedangkan yang kedua gangguan akan diberikan pada *feeder* WBO04 dilihat pada gambar 4.16.

Simulasi menggunakan nilai *setting* terhitung dilakukan pada lokasi-lokasi sebelum relai/recloser dipasang. Simulasi pemberian gangguan untuk mengetahui apakah relai incoming bekerja dengan baik ditunjukkan pada gambar 4.17, simulasi pemberian gangguan untuk mengetahui apakah relai outgoing WBO03 bekerja dengan baik ditunuuka pada gambar 4.18, simulasi pemberian gangguan untuk mengetahui apakah recloser WBO03 bekerja dengan baik ditunuuka pada gambar 4.19, simulasi pemberian gangguan untuk mengetahui apakah relai outgoing WBO04 bekerja dengan baik ditunuuka pada gambar 4.20, simulasi pemberian gangguan untuk mengetahui apakah recloser I WBO04 bekerja dengan baik ditunuuka pada gambar 4.21, simulasi pemberian gangguan untuk mengetahui apakah recloser II WBO04 bekerja dengan baik ditunuuka pada gambar 4.22.

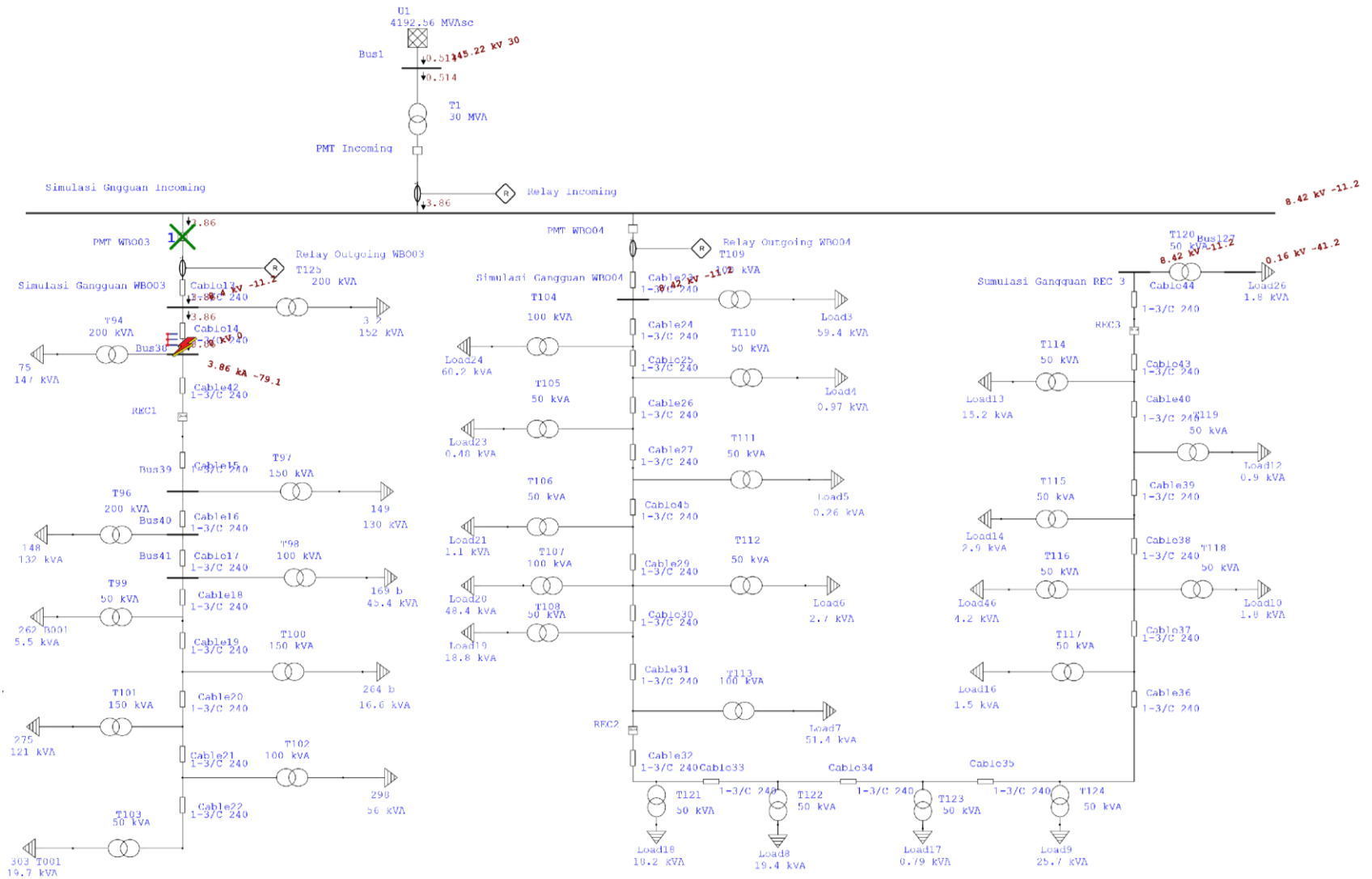
Gambar 4.16 Simulasi Gangguan Setting Terpasang Gardu Induk Wonosobo (Feeder WB004)



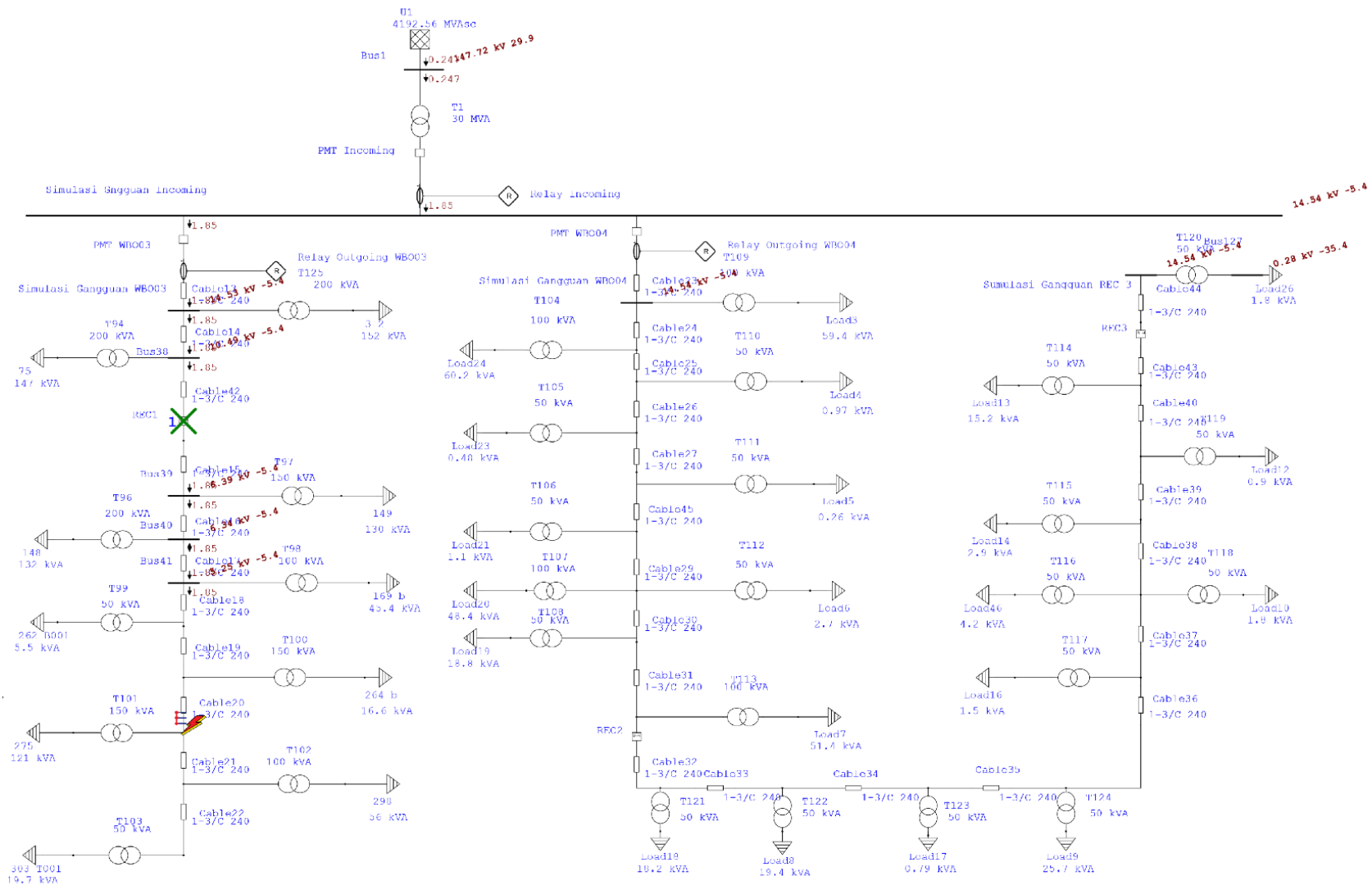
Gambar 4.17 Simulasi Gangguan Setting Hasil Hitungan Gardu Induk Wonosobo (Incoming)



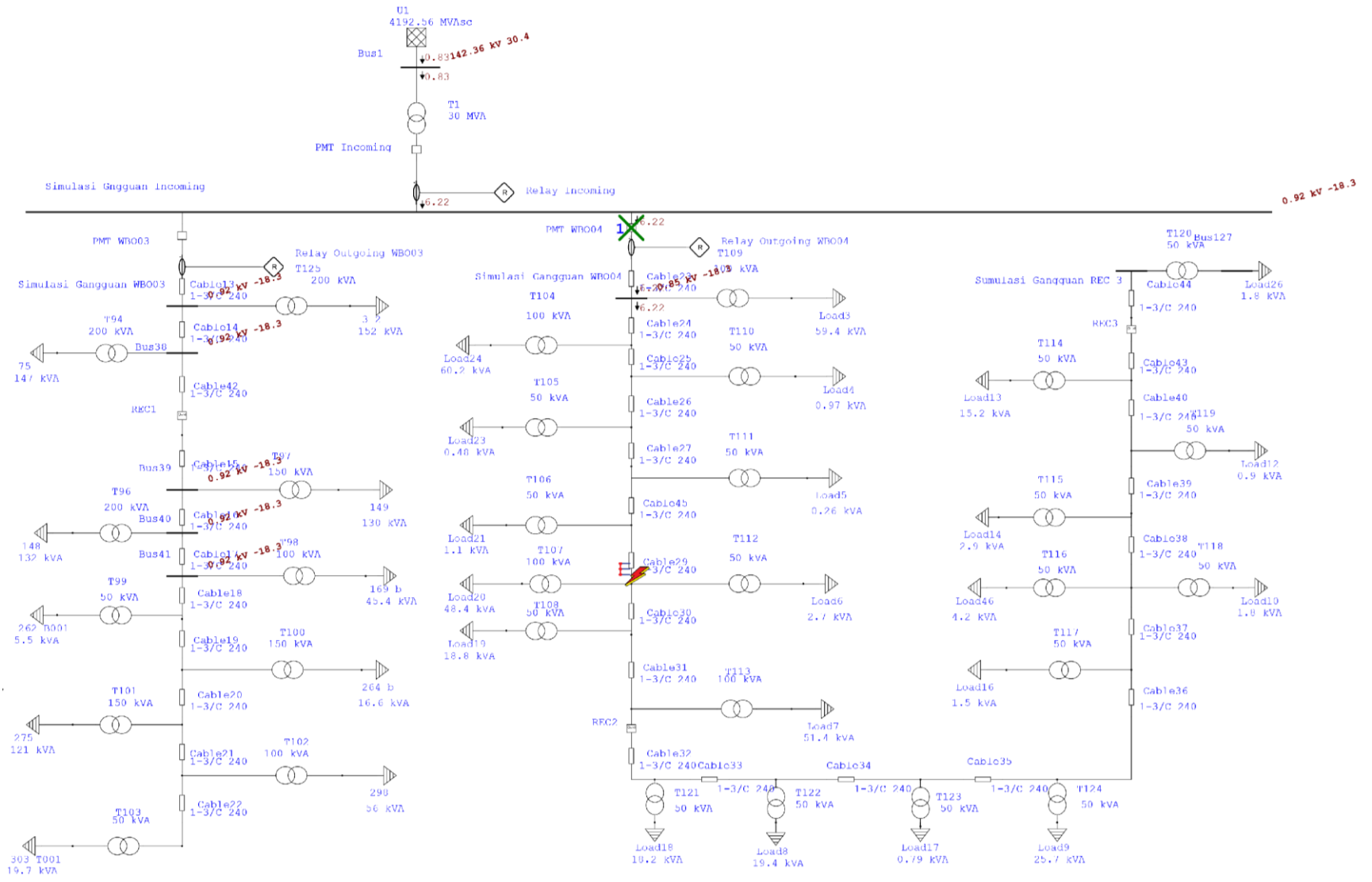
Gambar 4.18 Simulasi Gangguan Setting Hasil Hitungan Gardu Induk Wonosobo (Outgoing WB003)



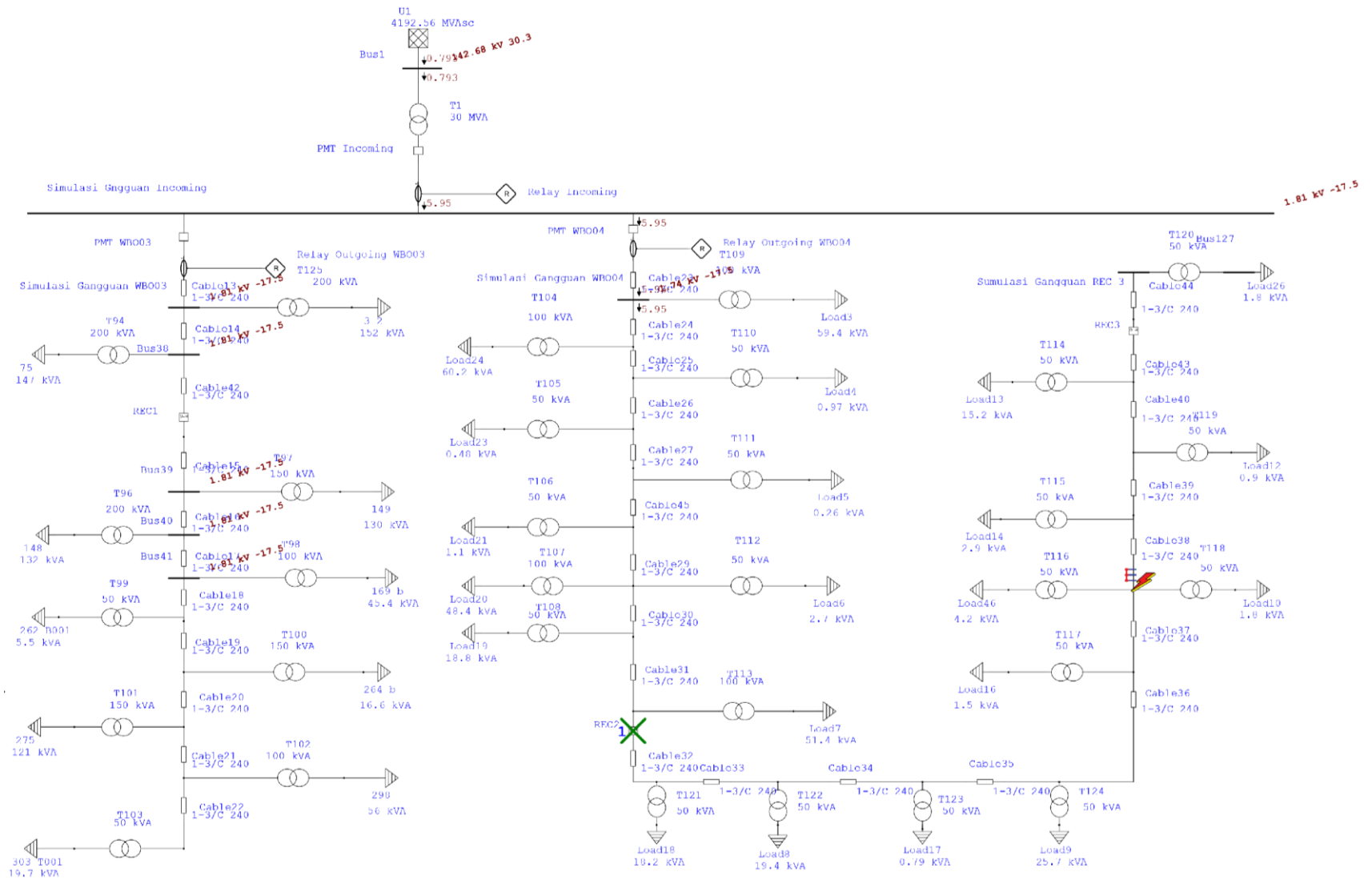
Gambar 4.19 Simulasi Gangguan Setting Hasil Hitungan Gardu Induk Wonosobo (Recloser WBO03)



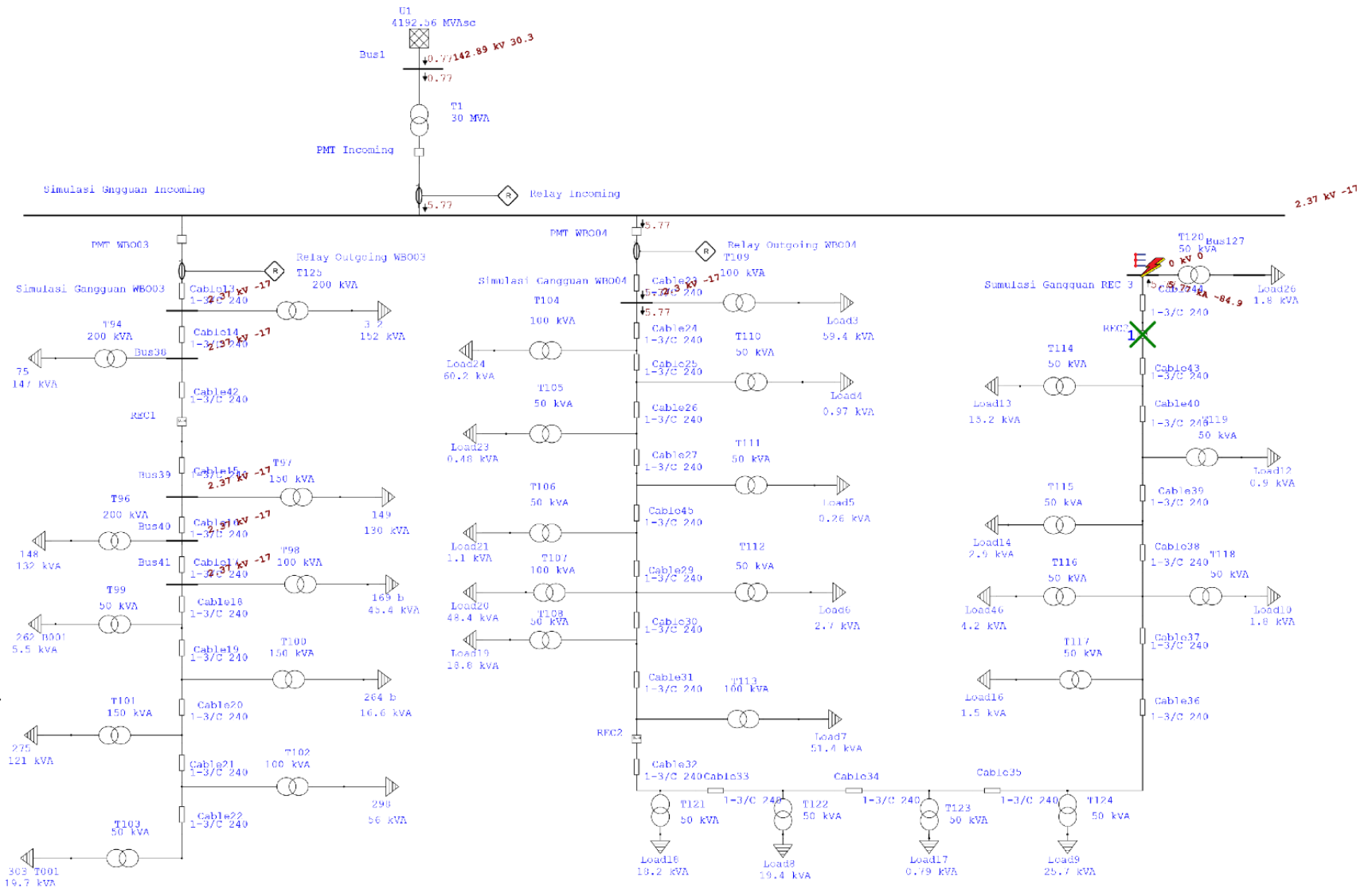
Gambar 4.20 Simulasi Gangguan Setting Hasil Hitungan Gardu Induk Wonosobo (Outgoing WBO04)



Gambar 4.21 Simulasi Gangguan Setting Hasil Hitungan Gardu Induk Wonosobo (Recloser 1 WBO04)



Gambar 4.22 Simulasi Gangguan Setting Hasil Hitungan Gardu Induk Wonosobo (Recloser I/ WBO04)



4.11 Analisis Perbedaan Simulasi Antara Terpasang dan Terhitung

Setelah dilakukan simulasi sekarang dapat melakukan analisis perbedaan antara simulasi nilai *setting* terpasang dengan simulasi nilai *setting* terhitung. Untuk simulasi dengan *setting* terpasang sebelum dihitung, hasilnya kurang baik karena ketika pemberian gangguan pada *bus* yang letaknya dibawah *recloser* I WBO03 (gambar 4.15) pada *feeder* WBO03 proteksi yang bekerja yaitu *relay outgoing* WBO03 yang seharusnya bekerja hanya *recloser* I saja, pemberian gangguan kedua pada *bus* yang letaknya dibawah *recloser* II WBO04 (gambar 4.16) pada *feeder* WBO04 proteksi yang bekerja yaitu *relay outgoing* WBO04 yang seharusnya bekerja hanya *recloser* II saja, sehingga proteksi tersebut dianggap tidak handal karena gagalnya koordinasi proteksi yang menyebabkan daerah yang tidak mengalami gangguan ikut padam (*trip*). Dengan begitu simulasi sebelum dilakukan perhitungan manual hasilnya kurang handal dan kurang selektif, maka perlu dilakukan perhitungan manual.

Setelah dilakukan perhitungan manual dan disimulasikan hasilnya cukup handal dan selektif. Pemberian gangguan pada *setting* dibawah *recloser* II *feeder* WBO04 proteksi yang bekerja hanya *recloser* II tersebut, maka beban yang ada diatas *recloser* II masih bisa beroperasi dan tidak terganggu dengan adanya gangguan dibawah *recloser* II. Begitupula dengan gangguan-gangguan lain yang diberikan pada simulasi hasil perhitungan manual, proteksi yang bekerja hanya proteksi yang terdekat dengan gangguan saja, dengan begitu bisa dikatakan simulasi hasil hitungan lebih selektif dari simulasi sebelum hitungan (simulasi dengan *setting* terpasang).