

BAB IV

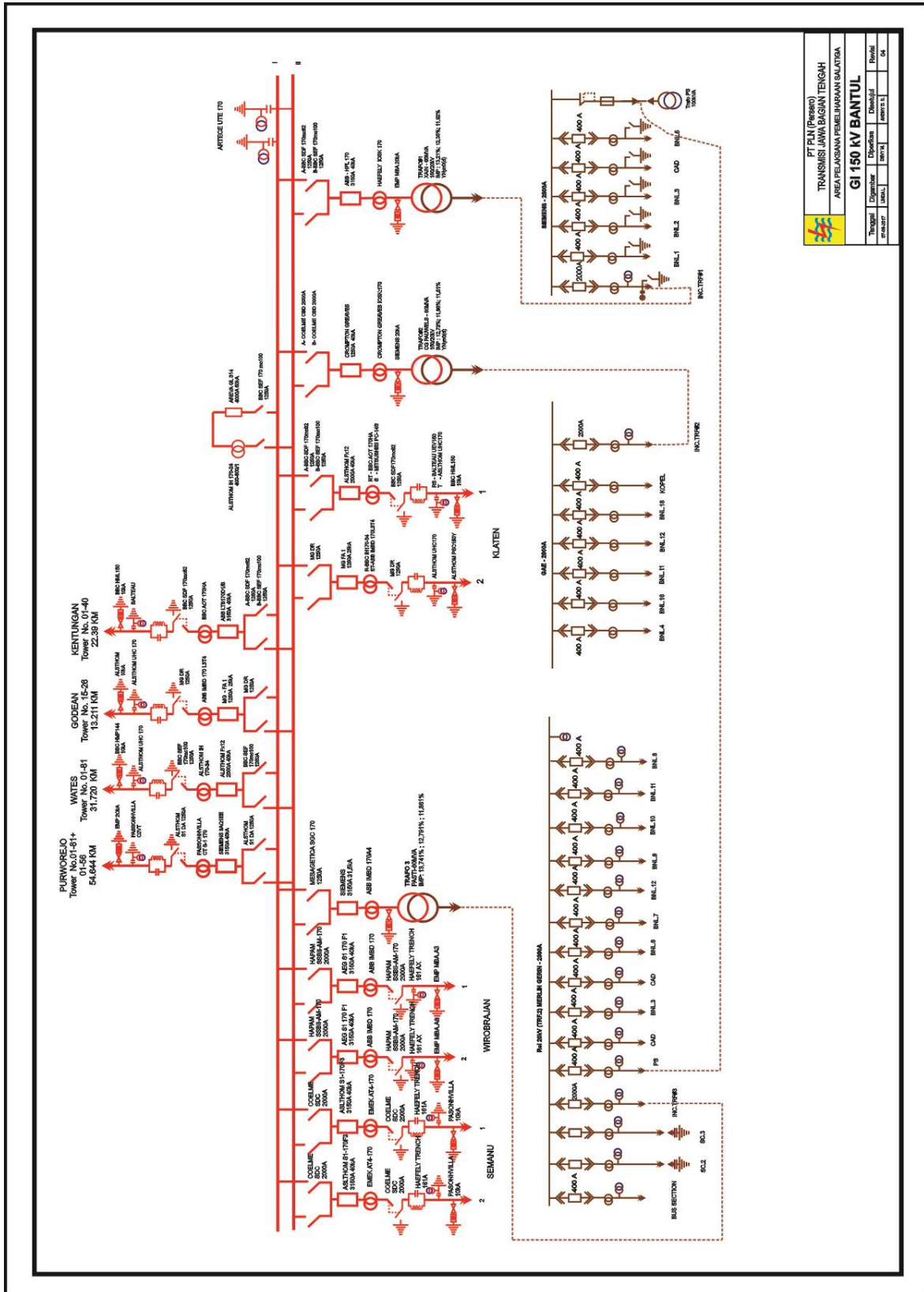
PEMBAHASAN

4.1 Gardu Induk Bantul 150 kV

Gardu Induk Bantul 150 kV terletak di Jalan Parangtritis Km 7, Sewon, Druwo, Bangunharjo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Gardu induk Bantul 150 kV bergabung dengan PLN BaseCamp Yogyakarta. Gardu induk ini berdasarkan letak pemasangannya merupakan gardu induk jenis pasangan luar karena sebagian peralatannya diletakkan di luar gedung hanya saja sistem kontrol dan proteksi diletakkan dibagian dalam gedung, dengan tegangan 150/20 kV dimana tegangan disisi primer 150 kV sedangkan tegangan disisi sekunder 20 kV. Tegangan sekunder 20 kV disalurkan ke beban atau pelanggan.

Di gardu induk Bantul 150 kV terdapat 3 buah transformator daya yaitu transformator I, transformator II, dan transformator III dengan tegangan dari ketiga transformator tersebut sebesar 150 kV dan kapasitas dari ketiga transformator tersebut sebesar 60 MVA yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi listrik ke daerah – daerah yang membutuhkan. Transformator – transformator tersebut akan mentransformasikan tegangan dan arus ke transformator lain ke gardu induk 150 kV lainnya atau diturunkan tegangan menjadi 20 kV ke setiap penyulang – penyulang yang disalurkan lewat distribusi kemudian disalurkan ke pelanggan atau konsumen.

Di bagian transformator II di gardu induk Bantul 150 kV mempunyai 6 penyulang, dimana 5 penyulang tersebut disalurkan ke distribusi sedangkan 1 penyulang yang lainnya hanya sebagai cadangan. Ketika penyulang – penyulang tersebut dioperasikan maka memiliki sebuah koordinasi sistem proteksi atau pengaman terhadap relay yang digunakan. Terdapat relay – relay yang terpasang disetiap penyulang – penyulang tersebut. Untuk mengamankan ketika terjadi sebuah gangguan atau terjadi arus lebih maka dipasanglah relay arus lebih atau *over current relay* (OCR). Didalam gardu induk fungsi dari relay *over current relay* yaitu hanya sebagai *back up* atau cadangan.



PT PLN (Persero)		TRANSISI JAWA BAGIAN TENGAH	
AREA PELAKSANA PELEJARAN GALATRA		GI 150 KV BANTUL	
Thangis	Digambar	Direvisi	Revisi
04/07/2017	04/07/2017	04/07/2017	04/07/2017

Gambar 4.1 Single Diagram di Gardu Induk Bantul

4.2 Transformator Daya

Pada Gardu Induk Bantul 150 kV mempunyai 3 transformator dengan spesifikasi yang hampir sama. Terdapat transformator I, II, dan III. Dari salah satu transformator merupakan transformator yang akan dibahas didalam penulisan laporan. Transformator yang diteliti yaitu transformator II. Dan spesifikasi transformator II yang digunakan di Gardu Induk Bantul 150 kV yaitu:

Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator II

Transformator II – 60 MVA	
Merk	Pauwels Trafo
Serial Number	3011120090
Tahun	2013
Nominal Rating	36/60 MVA
Frekuensi	50 Hz
Short Circuit 150 kV	31,5 kA
Short Circuit 20 kV	16 kV
Impedansi	12,73 %
Tegangan Primer	150 kV / 230,9 A
Tegangan Sekunder	20 kV / 1732 A
Vector Grup	YNyn0 (d)
Nilai Rn	0,3

Transformator II yang ada pada Gardu Induk Bantul 150 kV adalah transformator dengan merk Pauwels Trafo. Transformator II mempunyai kapasitas sebesar 60 MVA dan mempunyai nilai impedansi sebesar 12,73 %. Arus nominal sisi primer transformator sebesar 230,9 A dan arus nominal sisi sekunder transformator sebesar 1732 A. Nilai arus hubung singkat pada sisi 150 kV adalah 31,5 kV dan nilai arus hubung singkat pada 20 kV adalah sebesar 16 kA. Dari data dari transformator II di Gardu Induk Bantul dipergunakan untuk perhitungan

impedansi sumber, impedansi penyulang, arus hubung singkat, dan penyetelan *setting* pada relay OCR.

4.3 *Over Current Relay* pada Jaringan di Gardu Induk Bantul 150 kV

Over Current Relay (OCR) atau relay arus lebih mempunyai fungsi sebagai pengaman peralatan atau sebagai cadangan dan juga sebagai pemutus suatu jaringan apabila terjadi gangguan hubung singkat atau arus berlebih dimana nilai arus melebihi nilai yang *disetting* pada peralatan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel 4.2 Spesifikasi Proteksi *Over Current Relay*

No	Proteksi	Merk	Type	Rasio CT
1	OCR <i>incoming</i> 20 kV	ALSTOM	P142	2000/5
2	OCR Penyulang	GE MULTILIN	SR350	400/5

Pada sistem proteksi transformator di Gardu Induk Bantul 150 kV terdapat sistem pengaman relay OCR pada bagian 20 kV dengan *merk* Alstom dan *type* P142. Rasio dari relay OCR 20 kV adalah 2000/5. Sedangkan pada OCR penyulang dengan *merk* GE MULTILIN dan *type* SR350 dengan rasio CT 400/5.

4.4 Data Setting *Over Current Relay* di Gardu Induk Bantul 150 kV

Tabel 4.3 Data *Setting* Relay di sisi *Incoming* Gardu Induk Bantul

Relay di sisi <i>Incoming</i> 20 kV				
Relay	Arus	Rasio CT	Karakteristik Invers	
			Iset	Tms
OCR I▷	9000	2000/5	0,92	0,36

Tabel 4.4 Data *Setting* Relay di sisi Penyulang Gardu Induk Bantul

Relay di sisi Penyulang				
Relay	Arus	Rasio CT	Karakteristik Invers	
			Iset	Tms
OCR I>	5100	400/5	1,75	0,25

Nilai *Setting* relay terdiri dari beberapa rasio transformator yang digunakan dimasing – masing relay, pada nilai setting waktu dan nilai arus (I>). Pada setting relay disisi *incoming* atau disisi 20 kV (Iset) yaitu 0,92 ampere dengan setting waktu (Tms) 0,36 detik. Sedangkan nilai setting relay disisi penyulang arusnya (Iset) sebesar 1,75 ampere dengan setting waktu (Tms) 0,24 detik.

4.5 Data Konduktor yang Digunakan pada Jaringan Penyulang Gardu Induk Bantul 150 kV Transformator II

Tabel 4.5 Data Kabel Panjang Jenis Penghantar di Gardu Induk Bantul

Penyulang	Jenis Konduktor	Diameter Konduktor	Panjang Jaringan
BNL 4	AAAC	240 mm ²	6,13 km
BNL 16	AAAC	240 mm ²	10,45 km

Jenis penghantar dari gardu induk Bantul 150 kV pada transformator II yang menghantar ke jaringan distribusi di sisi penyulang BNL 4 yaitu penghantar konduktor jenis AAAC yang mempunyai diameter sebesar 240 mm² dengan panjang jaringan 6,13 km. Dan pada penyulang BNL 16 penghantar konduktornya jenis AAAC mempunyai diameter konduktor 240 mm² dengan panjang jaringan nya yaitu 10,45 km .

Tabel 4.6 Data Impedansi Jenis Penghantar di Gardu Induk Kentungan

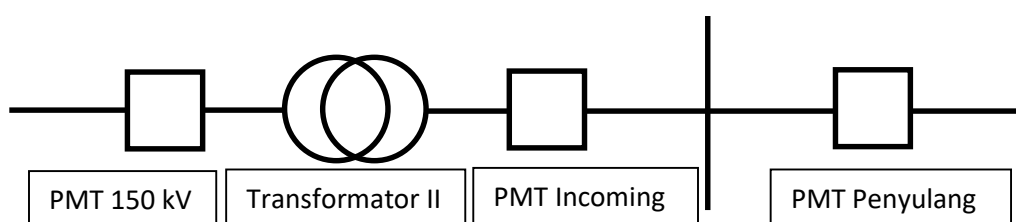
Jenis Konduktor	Diameter Konduktor	Urutan Positif / Negatif	Urutan Nol
AAAC	240 mm ²	0,1344+j0,3158	0,2824+j1,6034

Data penghantar diatas merupakan data yang akan digunakan sebagai perhitungan yang akan digunakan untuk penelitian. Data yang akan digunakan untuk perhitungan yaitu data dari nilai impedansi urutan positif / negatif pada bagian konduktor 3 fasa dan nilai impedansi urutan nol antara fasa ke netral. Data ini digunakan sebagai perhitungan untuk mengetahui terjadinya sebuah arus gangguan yang terjadi di jaringan.

4.6 Perhitungan dan Analisis

Di dalam sistem tenaga listrik diperlukan peralatan pengaman yang baik dan terdapat pembatas antara bagian agar dapat terkoordinasi dengan baik. Pembatas ini sebagai pemutus tenaga (CB / PMT) yang terletak di bagian yang mana bagian tersebut harus diamankan dengan memasang relay proteksi di bagian – bagian tertentu.

Apabila terjadi gangguan hubung singkat atau beban lebih pada sebuah jaringan, relay akan mendeteksi atau memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktu. Sistem proteksi tersebut bertujuan untuk pengaman atau pelindung di wilayah atau bagian yang harus dilindungi agar dapat memperkecil bagian yang terjadi gangguan.



Gambar 4.2 Penempatan OCR pada Jaringan di Gardu Induk

Pada gambar diatas menjelaskan tentang rangkaian atau saluran jaringan listrik di gardu induk Bantul 150 kV yang dioperasikan dari PMT yang tegangan 150 kV ke transformator II menuju PMT penyulang 20 kV.

4.6.1 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Arus Lebih

Pada suatu jaringan terdapat beberapa gangguan hubung singkat arus lebih, antara lain sebagai berikut:

- a. Gangguan hubung singkat 3 fasa
- b. Gangguan hubung singkat 2 fasa
- c. Gangguan hubung singkat fasa ke *ground*

Dalam perhitungan gangguan hubung singkat yang berdasarkan pada panjang penyulang, maka dimisalkan tearjadinya gangguan di penyulang BNT 4 pada titik 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan panjang penyulang 6,13 km dan di penyulang BNT 16 pada titik 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan panjang penyulang 10,45 km.

4.6.2 Perhitungan Impedansi Sumber

Dari data hubung singkat yang diperoleh di bagian bus primer pada gardu induk Bantul 150 kV yaitu sebesar 4156,92 MVA, dimana hasil dari nilai ini diperoleh dari hasil perhitungan sebagai berikut:

$$P_{sc} = \sqrt{3} \times I_{sc} \times V$$

Keterangan :

I_{sc} : Arus hubung singkat 20 kV (kA)

V : Tegangan pada sisi primer (kA)

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut :

$$P_{sc} = \sqrt{3} \times I_{sc} \times V$$

$$P_{sc} = \sqrt{3} \times 16 \text{ kA} \times 150 \text{ kV}$$

$$P_{sc} = 4156,92 \text{ MVA}$$

Dari perhitungan diatas maka diperoleh nilai impedansi sumber sebesar 4156,92 MVA. Dan cara menghitung untuk memperoleh hasil nilai impedansi sumber (150 kV) sebagai berikut :

$$Z_s = \frac{kV(\text{ sisi primer trafo})^2}{SC (\text{Short Circuit})MVA}$$

$$Z_s = \frac{150^2}{4156,92}$$

$$Z_s = 5,41 \Omega$$

Untuk menghitung nilai impedansi sisi sekunder (20 kV) sebagai berikut :

$$Z_s = \frac{kV(\text{ sisi sekunder trafo})^2}{kV(\text{ sisi primer trafo})^2} \times Z_s \text{ primer}$$

$$Z_s = \frac{20^2}{150^2} \times 5,41$$

$$Z_s = 0,097 \Omega$$

4.6.3 Perhitungan Reaktansi pada Transformator II

Untuk memperoleh nilai dari reaktansi di transformator II dengan kapasitas 60 MVA, di gardu induk Bantul 150 kV dengan nilai impedansi transformator II sebesar 12,73 %, maka akan dibuat perhitungan dengan nilai ohm dalam skala 100 %. Jadi perhitungannya sebagai berikut :

$$Z_t = \frac{kV(\text{ sisi bus})^2}{MVA \text{ trafo}} \times Z_{pu}$$

$$Z_t = \frac{20^2}{60} \times 12,73 \%$$

$$Z_t = 0,849 \Omega$$

Di gardu induk Bantul transformator dayanya menggunakan hubungan YNyn0, sehingga nilai dari Z_{t0} memiliki nilai antara 9 sampai 14. Z_{t1} . Didalam perhitungan dengan menggunakan nilai Z_{t0} lebih kurang 10. Z_{t1} .

Sehingga perhitungannya untuk mendapatkan nilai reaktansi urutan nol sebagai berikut :

$$Z_{t0} = 10 \times 0,849 = 8,49 \Omega$$

4.6.4 Perhitungan Impedansi pada Penyulang

Dari penelitian yang telah dilakukan di gardu induk Bantul 150 kV maka diperoleh data penghantar konduktor dengan menggunakan penghantar jenis AAAC. Dengan diameter penghantar konduktor jenis AAAC sebesar 240 mm². Dan panjang penghantar yang digunakan di gardu induk Bantul di sisi penyulang BNT 4 yaitu 6,13 km dan panjang penghantar yang digunakan di sisi penyulang BNT 16 yaitu 10,45 km. Sehingga untuk mencari nilai impedansi pada penyulang maka nilai di penyulang untuk lokasi dengan gangguan dibagi dengan jarak 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, dengan panjang jaringan 6,13 km pada penyulang BNT 4 dan 10,45 km pada penyulang BNT 16. Sehingga perhitungannya dapat dihitung sebagai berikut :

- a. Urutan Positif dan Negatif

Tabel 4.7 Nilai Impedansi pada Penyulang BNT 4 Urutan Positif dan Negatif

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi Z_1 dan Z_2 (Ω)
0%	0	$0 \times (0,1344 + j 0,3158)$	0
25%	1,5325	$1,5325 \times (0,1344 + j 0,3158)$	$0,2060 + j 0,4840$
50%	3,065	$3,065 \times (0,1344 + j 0,3158)$	$0,4119 + j 0,9679$
75%	4,5975	$4,5975 \times (0,1344 + j 0,3158)$	$0,6179 + j 1,4519$
100%	6,13	$6,13 \times (0,1344 + j 0,3158)$	$0,8239 + j 1,9359$

Tabel 4.8 Nilai Impedansi pada Penyulang BNT 16 Urutan Positif dan Negatif

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi Z_1 dan Z_2 (Ω)
0%	0	$0 \times (0,1344 + j 0,3158)$	0
25%	2,613	$2,613 \times (0,1344 + j 0,3158)$	$0,3512 + j 0,825$
50%	5,225	$5,225 \times (0,1344 + j 0,3158)$	$0,7022 + j 1,65$
75%	7,838	$7,838 \times (0,1344 + j 0,3158)$	$1,0534 + j 2,475$
100%	10,45	$10,45 \times (0,1344 + j 0,3158)$	$1,4045 + j 3,3$

b. Urutan Nol

Tabel 4.9 Nilai Impedansi pada Penyulang BNT 4 Urutan Nol

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi Z_1 dan Z_2 (Ω)
0%	0	$0 \times (0,2824 + j 1,6034)$	0
25%	1,5325	$1,5325 \times (0,2824 + j 1,6034)$	$0,4328 + j 2,4572$
50%	3,065	$3,065 \times (0,2824 + j 1,6034)$	$0,8656 + j 4,9144$
75%	4,5975	$4,5975 \times (0,2824 + j 1,6034)$	$1,2983 + j 7,3716$
100%	6,13	$6,13 \times (0,2824 + j 1,6034)$	$1,7311 + j 9,8288$

Tabel 4.10 Nilai Impedansi pada Penyulang BNT 16 Urutan Nol

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi Z_1 dan Z_2 (Ω)
0%	0	$0 \times (0,2824 + j 1,6034)$	0
25%	2,613	$2,613 \times (0,2824 + j 1,6034)$	$0,7379 + j 4,1897$
50%	5,225	$5,225 \times (0,2824 + j 1,6034)$	$1,4755 + j 8,3778$
75%	7,838	$7,838 \times (0,2824 + j 1,6034)$	$2,2134 + j 12,5674$
100%	10,45	$10,45 \times (0,2824 + j 1,6034)$	$2,951 + j 16,7555$

4.6.5 Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan

Untuk memperoleh nilai impedansi jaringan maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{1eq} = Z_{2eq} &= Z_s \text{ (sisi 20 kV)} + Z_t + Z_{1 \text{ penyulang}} \\ &= j 0,097 + j 0,849 + Z_{1 \text{ penyulang}} \\ &= j 0,946 + Z_{1 \text{ penyulang}} \end{aligned}$$

Gangguan dimisalkan terjadi pada lokasi dititik 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% panjang penyulang BNT 4 yaitu 6,13 km dan panjang penyulang BNT 16 yaitu 10,45 km , maka Z_{1eq} (Z_{2eq}) yang diperoleh menjadi berikut :

Tabel 4.11 Nilai Impedansi Ekuivalen Z_{1eq} (Z_{2eq}) pada Penyulang BNT 4

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi Z_1 dan Z_2 (Ω)
0%	0	$0 + j 0,946$	$0 + j 0,946$
25%	1,5325	$0,2060 + j 0,4840 + j 0,946$	$0,2060 + j 1,430$
50%	3,065	$0,4119 + j 0,9679 + j 0,946$	$0,4119 + j 1,9139$
75%	4,5975	$0,6179 + j 1,4519 + j 0,946$	$0,6179 + j 2,3979$
100%	6,13	$0,8239 + j 1,9359 + j 0,946$	$0,8239 + j 2,8819$

Tabel 4.12 Nilai Impedansi Ekuivalen Z_{1eq} (Z_{2eq}) pada Penyulang BNT 16

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi Z_1 dan Z_2 (Ω)
0%	0	$0 + j 0,946$	$0 + j 0,946$
25%	2,613	$0,3512 + j 0,825 + j 0,946$	$0,3512 + j 1,771$
50%	5,225	$0,7022 + j 1,65 + j 0,946$	$0,7022 + j 2,596$
75%	7,838	$1,0534 + j 2,475 + j 0,946$	$1,0534 + j 3,421$
100%	10,45	$1,4045 + j 3,3 + j 0,946$	$1,4045 + j 4,246$

Kemudian mencari nilai Z_{0eq} dengan perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{0eq} &= Z_{t0} + 3 R_n + Z_0 \text{ penyulang} \\ &= j 8,49 + (3 \times 0,3) + Z_0 \text{ penyulang} \\ &= 0,9 + j 8,49 + Z_0 \text{ penyulang} \end{aligned}$$

Gangguan dimisalkan terjadi pada lokasi dititik 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% panjang penyulang BNT 4 sebesar 6,13 km dan penyulang BNT 16 Sebesar 10,45 km , maka Z_{0eq} yang diperoleh menjadi berikut :

Tabel 4.13 Nilai Impedansi Ekuivalen Z_0 pada penyulang BNT 4

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi Z_0
0%	0	$0 + 0,9 + j 8,49$	$0,9 + j 8,49$
25%	1,5325	$0,4328 + j 2,4572 + 0,9 + j 8,49$	$1,3328 + j 10,9472$
50%	3,065	$0,8656 + j 4,9144 + 0,9 + j 8,49$	$1,7656 + j 13,4044$
75%	4,5975	$1,2983 + j 7,3716 + 0,9 + j 8,49$	$2,1983 + j 15,8616$
100%	6,13	$1,7311 + j 9,8288 + 0,9 + j 8,49$	$2,6311 + j 18,3188$

Tabel 4.14 Nilai Impedansi Ekuivalen Z_0 pada penyulang BNT 16

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi Z_0
0%	0	$0 + 0,9 + j 8,49$	$0,9 + j 8,49$
25%	2,613	$0,7379 + j 4,1897 + 0,9 + j 8,49$	$1,6379 + j 12,6797$
50%	5,225	$1,4755 + j 8,3778 + 0,9 + j 8,49$	$2,3755 + j 16,8678$
75%	7,838	$2,2134 + j 12,5674 + 0,9 + j 8,49$	$3,1134 + j 21,0574$
100%	10,45	$2,951 + j 16,7555 + 0,9 + j 8,49$	$3,851 + j 25,2455$

4.6.6 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Untuk mencari nilai dari arus gangguan hubung singkat yang terjadi dengan menggunakan rumus $I=V/Z$. Dan untuk mendapatkan nilai arus

hubung singkat tersebut yaitu dengan memasukkan hasil dari perhitungan nilai impedansi ekuivalen. Untuk menganalisis arus gangguan hubung singkat maka yang perlu diketahui antara lain : letak terjadinya gangguan hubung singkat, tempat terjadinya gangguan arus lebih di 3 fasa atau 2 fasa, dan jenis gangguan hubung singkat tersebut.

a. Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

Untuk memperoleh nilai dari gangguan hubung singkat 3 fasa maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Keterangan :

I : Nilai arus gangguan hubung singkat 3 fasa

V : Nilai tegangan fasa – netral di jaringan 20 kV ($V_{ph} = 20 \text{ kV}/\sqrt{3}$)

Z : Nilai impedansi urutan positif (Z_{1eq})

Setelah mengetahui rumus maka selanjutnya akan menghitung nilai arus hubung singkat 3 fasa sebagai berikut :

$$I = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}}$$

$$I = \frac{\frac{20}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq}}$$

$$I = \frac{11,547 \text{ kV}}{Z_{1eq}}$$

$$I = \frac{11547 \text{ V}}{Z_{1eq}}$$

Tabel 4.15 Nilai Arus Hubung Singkat 3 Fasa pada Penyulang BNT 4

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Arus Gangguan 3 fasa (A)
0%	0	$11547 / \sqrt{0^2 + 0,946^2}$	12206,13
25%	1,5325	$11547 / \sqrt{0,2060^2 + 1,430^2}$	7992,32
50%	3,065	$11547 / \sqrt{0,4119^2 + 1,9139^2}$	5898,18
75%	4,5975	$11547 / \sqrt{0,6179^2 + 2,3979^2}$	4663,13
100%	6,13	$11547 / \sqrt{0,8239^2 + 2,8819^2}$	3852,39

Tabel 4.16 Nilai Arus Hubung Singkat 3 Fasa pada Penyulang BNT 16

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Arus Gangguan 3 fasa (A)
0%	0	$11547 / \sqrt{0^2 + 0,946^2}$	12206,13
25%	2,613	$11547 / \sqrt{0,3512^2 + 1,771^2}$	6395,5
50%	5,225	$11547 / \sqrt{0,7022^2 + 2,596^2}$	4293,69
75%	7,838	$11547 / \sqrt{1,0534^2 + 3,421^2}$	3225,86
100%	10,45	$11547 / \sqrt{1,4045^2 + 4,246^2}$	2581,91

b. Perhitungan Arus Hubung Singkat 2 Fasa

Setelah melakukan perhitungan arus hubung singkat 3 fasa kemudian melakukan perhitungan arus hubung singkat 2 fasa dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Keterangan :

I : Nilai arus gangguan hubung singkat 2 fasa

V : Nilai tegangan fasa – fasa di jaringan 20 kV (V_{ph}) = 20000 V

Z : Nilai impedansi urutan positif (Z_{1eq}) dan urutan negatif (Z_{2eq})

Setelah mengetahui rumus maka selanjutnya akan menghitung nilai arus hubung singkat 2 fasa sebagai berikut :

$$I = \frac{V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

$$I = \frac{20 \text{ kV}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

$$I = \frac{20000V}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

Setelah mengetahui rumus perhitungan maka dihitung arus gangguan 2 fasa dimana perhitungan tersebut sesuai titik lokasi gangguan yang akan dihitung sebagai berikut :

Tabel 4.17 Nilai Arus Hubung Singkat 2 Fasa pada Penyulang BNT 4

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Arus Gangguan 2 fasa (A)
0%	0	$20000 / 2\sqrt{0^2 + 0,946^2}$	10570,82
25%	1,5325	$20000 / 2\sqrt{0,2060^2 + 1,430^2}$	6921,56
50%	3,065	$20000 / 2\sqrt{0,4119^2 + 1,9139^2}$	5107,98
75%	4,5975	$20000 / 2\sqrt{0,6179^2 + 2,3979^2}$	4038,39
100%	6,13	$20000 / 2\sqrt{0,8239^2 + 2,8819^2}$	3336,27

Tabel 4.18 Nilai Arus Hubung Singkat 2 Fasa pada Penyulang BNT 16

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Arus Gangguan 2 fasa (A)
0%	0	$20000 / 2\sqrt{0^2 + 0,946^2}$	10570,82
25%	2,613	$20000 / 2\sqrt{0,3512^2 + 1,771^2}$	5538,67
50%	5,225	$20000 / 2\sqrt{0,7022^2 + 2,596^2}$	3718,45
75%	7,838	$20000 / 2\sqrt{1,0534^2 + 3,421^2}$	2793,68
100%	10,45	$20000 / 2\sqrt{1,4045^2 + 4,246^2}$	2236

c. Perhitungan Arus Hubung Singkat Fasa ke Tanah

Selanjutnya menghitung arus hubung singkat fasa ke tanah dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Keterangan :

I : Nilai arus urutan nol (I_0)

V : Nilai tegangan fasa – netral di jaringan 20 kV (V_{ph}) = $20 \text{ kV} / \sqrt{3}$

Z : Nilai impedansi urutan positif (Z_{1eq}) dan urutan negatif (Z_{2eq}) dan Nilai impedansi urutan nol (Z_{0eq})

Setelah mengetahui rumus maka selanjutnya akan menghitung nilai arus hubung singkat fasa ke tanah sebagai berikut :

$$I = \frac{3 \times V_{ph}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

$$I = \frac{3 \times \frac{20000}{\sqrt{3}}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

$$I = \frac{34641,02}{2 \times Z1eq + Z0eq}$$

Setelah mengetahui rumus perhitungan maka dihitung arus gangguan fasa ke tanah dimana perhitungan tersebut sesuai titik lokasi gangguan yang akan dihitung sebagai berikut :

Tabel 4.19 Nilai Arus Hubung Singkat Fasa ke Tanah pada Penyulang BNT 4

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Arus Gangguan fasa ke tanah (A)
0%	0	$\frac{34641,02}{2\sqrt{0^2 + 0,946^2} + \sqrt{0,9^2 + 8,49^2}}$	3321,42
25%	1,5325	$\frac{34641,02}{2\sqrt{0,2060^2 + 1,430^2} + \sqrt{1,3328^2 + 10,9472^2}}$	2489,02
50%	3,065	$\frac{34641,02}{2\sqrt{0,4119^2 + 1,9139^2} + \sqrt{1,7656^2 + 13,4044^2}}$	1986,8
75%	4,5975	$\frac{34641,02}{2\sqrt{0,6179^2 + 2,3979^2} + \sqrt{2,1983^2 + 15,8616^2}}$	1652,27
100%	6,13	$\frac{34641,02}{2\sqrt{0,8239^2 + 2,8819^2} + \sqrt{2,6311^2 + 18,3188^2}}$	1413,83

Tabel 4.20 Nilai Arus Hubung Singkat Fasa ke Tanah pada Penyulang BNT 16

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Perhitungan	Arus Gangguan fasa ke tanah (A)
0%	0	$\frac{34641,02}{2\sqrt{0^2 + 0,946^2} + \sqrt{0,9^2 + 8,49^2}}$	3321,42

Lanjutan Tabel 4.20 Nilai Arus Hubung Singkat Fasa ke Tanah pada Penyulang
BNT 16

25%	2,613	$\frac{34641,02}{2\sqrt{0,3512^2 + 1,771^2} + \sqrt{1,6379^2 + 12,6797^2}}$	2112,77
50%	5,225	$\frac{34641,02}{2\sqrt{0,7022^2 + 2,596^2} + \sqrt{2,3755^2 + 16,8678^2}}$	1545,59
75%	7,838	$\frac{34641,02}{2\sqrt{1,0534^2 + 3,421^2} + \sqrt{3,1134^2 + 21,0574^2}}$	1217,81
100%	10,45	$\frac{34641,02}{2\sqrt{1,4045^2 + 4,246^2} + \sqrt{3,851^2 + 25,2455^2}}$	1004,61

Berdasarkan perhitungan diatas pada bagian penyulang BNL 4 dengan jarak yaitu 6,13 km dan penyulang BNL 16 dengan jarak yaitu 10,45 km, maka didapat hasil dari perhitungan arus gangguan hubung singkat dari 3 fasa, arus gangguan hubung singkat 2 fasa, dan arus gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Kemudian dapat dibuat perbandingan antara ketiga gangguan hubung singkat yang besar nilai arus gangguan hubung singkat sesuai dengan titik lokasi dari gangguan yang terjadi pada bagian penyulang didalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.21 Nilai Arus Hubung Singkat Semua Fasa pada Penyulang BNT 4

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Arus Gangguan 3 fasa (A)	Arus Gangguan 2 fasa (A)	Arus Gangguan fasa ke tanah (A)
0%	0	12206,13	10570,82	3321,42
25%	1,5325	7992,32	6921,56	2489,02
50%	3,065	5898,18	5107,98	1986,8
75%	4,5975	4663,13	4038,39	1652,27
100%	6,13	3852,39	3336,27	1413,83

Tabel 4.22 Nilai Arus Hubung Singkat Semua Fasa pada Penyulang BNT 16

Panjang Jaringan	Jarak (km)	Arus Gangguan 3 fasa (A)	Arus Gangguan 2 fasa (A)	Arus Gangguan fasa ke tanah (A)
0%	0	12206,13	10570,82	3321,42
25%	2,613	6395,5	5538,67	2112,77
50%	5,225	4293,69	3718,45	1545,59
75%	7,838	3225,86	2793,68	1217,81
100%	10,45	2581,91	2236	1004,61

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa besar nilai arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak jaringan atau titik – titik lokasi dari gangguan yang terjadi. Jarak penyulang BNL 4 yaitu 6,13 km dan penyulang BNL 16 yaitu 10,45 km kemudian dibagi menjadi titik – titik lokasi dari 0% sampai 100% yang dapat dilihat arus gangguan dari 0% sampai 100% lebih besar menuju arus gangguan yang besar nilainya lebih kecil. Jadi semakin panjang jarak maka akan semakin sedikit nilai arus hubung singkatnya. Dan dengan kata lain arus gangguan 3 fasa lebih besar dari arus gangguan 2 fasa dan arus gangguan fasa ke tanah.

4.6.7 Penentuan Nilai *Setting Over Current Relay* (Relay Arus Lebih)

Pada gardu induk Bantul 150 kV di transformator II 60 MVA dengan penyulang BNL 4 dan penyulang 16 serta arus CT yang terpasang mempunyai rasio sebesar 400 / 5. Pada penyulang tersebut mempunyai beban arus maksimum sebesar 6 ampere dan karakteristik relay arus lebih dengan karakteristik *standart inverse*.

4.6.7.1 Nilai Setting Relay OCR di sisi Penyulang 20kV

a. Nilai setting arus lebih

Pada setting relay arus lebih yang berada di penyulang tersebut akan sesuai dengan arus beban di gardu induk Bantul 150 kV. Untuk menggunakan nilai setting waktu minimum dari relay arus lebih disetting 0,3 detik. Nilai setting tersebut diatur ketika terjadi gangguan hubung singkat atau arus lebih maka relay tidak memberikan sinyal untuk trip lagi karena arus dari transformator yang di gardu induk menuju ke transformator distribusi tersambung di jaringan distribusi diwaktu saat PMT di penyulang dimasukkan.

Data nilai setting relay pada penyulang BNT 4

$$I_{\text{beban}} : 241 \text{ A}$$

$$\text{Rasio CT} : 400/5$$

$$\begin{aligned} I_{\text{set}}(\text{primer}) &= 1,25 \times I_{\text{beban}} \\ &= 1,25 \times 241 \\ &= 301,25 \text{ A} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai setting relay pada sisi primer dengan I_{set} sebesar 301,25 Ampere. Kemudian untuk menghitung disisi sekunder dengan menggunakan perhitungan nilai rasio transformator arus pada penyulang. Dan untuk menghitung nilai arus setting relay disisi sekunder dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{\text{set}}(\text{sekunder}) &= I_{\text{set}}(\text{primer}) \times I / \text{ratio CT} \\ &= 301,25 \times (5/400) \\ &= 3,77 \text{ A} \end{aligned}$$

Data nilai setting relay pada penyulang BNT 16

$$I_{\text{beban}} : 303 \text{ A}$$

$$\text{Rasio CT} : 400/5$$

$$I_{\text{set}}(\text{primer}) = 1,25 \times I_{\text{beban}}$$

$$= 1,25 \times 303$$

$$= 378,75 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai setting relay pada sisi primer dengan I_{set} sebesar 301,25 Ampere. Kemudian untuk menghitung disisi sekunder dengan menggunakan perhitungan nilai rasio transformator arus pada penyulang. Dan untuk menghitung nilai arus setting relay disisi sekunder dengan cara sebagai berikut :

$$I_{set} \text{ (sekunder)} = I_{set} \text{ (primer)} \times I / \text{ratio CT}$$

$$= 378,75 \times (5/400)$$

$$= 4,73 \text{ A}$$

b. Nilai Setting TMS (*Time Multiplier Setting*)

Untuk menentukan nilai setting TMS relay arus lebih pada penyulang 20 kV di transformator tenaga dengan arus gangguan yang digunakan pada gangguan hubung singkat 3 fasa di panjang penyulang berjarak 0%. Waktu kerja relay yang diatur $t = 0,3$ detik. Nilai setting diambil karena mempunyai fungsi ketika relay bekerja tidak sampai trip dikarenakan arus antara transformator di gardu induk dengan transformator di distribusi saling berhubung pada jaringan distribusi, disaat PMT dimasukkan.

Berdasarkan data diatas dapat dilakukan perhitungan nilai setting TMS dengan cara sebagai berikut :

Disisi penyulang BNT 4

$$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02-1}}$$

$$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{gangguan hubung singkat 3 fasa}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02-1}}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{12206,13}{301,25}\right)^{0,02-1}}$$

$$TMS = \frac{0,3}{1,82}$$

$$TMS = 0,16 \text{ detik}$$

Disisi penyulang BNT 16

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02-1}}$$

$$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{\text{Igangguan hubung singkat 3 fasa}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02-1}}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{12206,13}{378,75}\right)^{0,02-1}}$$

$$TMS = 0,16 \text{ detik}$$

4.6.7.2 Nilai Setting Relay OCR di Sisi *Incoming* 20 kV

a. Nilai Setting Relay OCR *Incoming* 20 kV

Pada bagian sisi *incoming* 20 kV transformator tenaga, mencari nilai setting relay arus lebih dimana pada perhitungan menggunakan penentuan nilai setting relay pada bagian sisi penyulang dengan mengetahui nilai arus nominal transformator tersebut.

Data di gardu induk Bantul sebagai berikut :

Kapasitas Transformator : 60 MVA

Tegangan : 150/20 kV

Impedansi : 12,73%

CT / Rasio : 2000/5

Setting arus nominal transformator pada *incoming* 20 kV sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I_{\text{nominal}} (\text{sisi } 20 \text{ kV}) &= \frac{\text{kVA}}{\text{kV} \sqrt{3}} \\ &= \frac{60000}{20 \sqrt{3}} \\ &= 1732,05 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{set primer}} &= 1,25 \times I_{\text{nominal}} \\
 &= 1,25 \times 1732,05 \\
 &= 2165,06 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Nilai setting pada sisi sekunder sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I_{\text{set sekunder}} &= I_{\text{set primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\
 &= 2165,06 \times \frac{1}{2000/5} \\
 &= 2165,06 \times \frac{5}{2000} \\
 &= 5,41 \text{ A}
 \end{aligned}$$

b. Nilai Setting TMS (*Time Multiplier Setting*)

Nilai arus gangguan yang digunakan untuk menghitung nilai setting TMS di relay OCR pada sisi *incoming* 20 kV di transformator yaitu pada gangguan arus hubung singkat 3 fasa di jarak 0%. Waktu kerja OCR sisi *incoming* didapat dari hasil perhitungan waktu kerja relay awal + 0,4 detik, sehingga hasil dari nilai waktu kerja relay sisi *incoming* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1} \\
 \text{TMS} &= \frac{(0,3+0,4) \times \left(\frac{I_{\text{gangguan hubung singkat 3 fasa}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \\
 &= \frac{0,7 \times \left(\left(\frac{12206,13}{2165,06}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} \\
 &= 0,17 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

4.6.8 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay OCR

Untuk mengetahui waktu relay arus lebih, yang terpasang di gardu induk Bantul 150 kV yang mempunyai karakteristik *standar inverse*, maka dilakukanlah pemeriksaan setiap lokasi titik gangguan tersebut yaitu 0%, 25%, 50%, dan 100% yang panjang jaringan penyulungnya 6,13 km sehingga dapat dihitung pemeriksaan waktu kerja relay OCR sebagai berikut :

$$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$$

4.6.8.1 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa

Tabel 4.23 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa di BNT 4

No	Jarak (km)	Incoming (s)	Penyulang 20 kV (s)
1	0	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{12206,13}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,68$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{12206,13}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,29$
2	1,5325	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{7992,32}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,9$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{7992,32}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,33$

Lanjutan Tabel 4.23 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa di BNT 4

3	3,065	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{5898,18}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,2$	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{5898,18}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,37$
4	4,5975	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{4663,13}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,54$	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{4663,13}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,40$
5	6,13	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{3852,39}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 2,05$	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{3852,39}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,43$

Tabel 4.24 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa di BNT16

No	Jarak (km)	Incoming (s)	Penyulang 20 kV (s)
1	0	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$

Lanjutan Tabel 4.24 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3
Fasa di BNT16

		$t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{12206,13}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,68$	$t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{12206,13}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,29$
2	2,613	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{6395,5}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,1$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{6395,5}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,39$
3	5,225	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{4293,69}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,73$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{4293,69}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,45$
4	7,838	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{3225,86}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 2,97$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{3225,86}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,51$
5	10,45	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$

Lanjutan Tabel 4.24 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa di BNT16

		$t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{2581,91}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 6,75$	$t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{2581,91}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,57$
--	--	---	--

Setelah melakukan perhitungan pemeriksaan waktu kerja relay OCR yang dilakukan digangguan 3 fasa dan dihitung setiap lokasi gangguan maka dibuat rekapitulasi antara relay arus lebih pada sisi penyulang 20 kV dan disisi *incoming*.

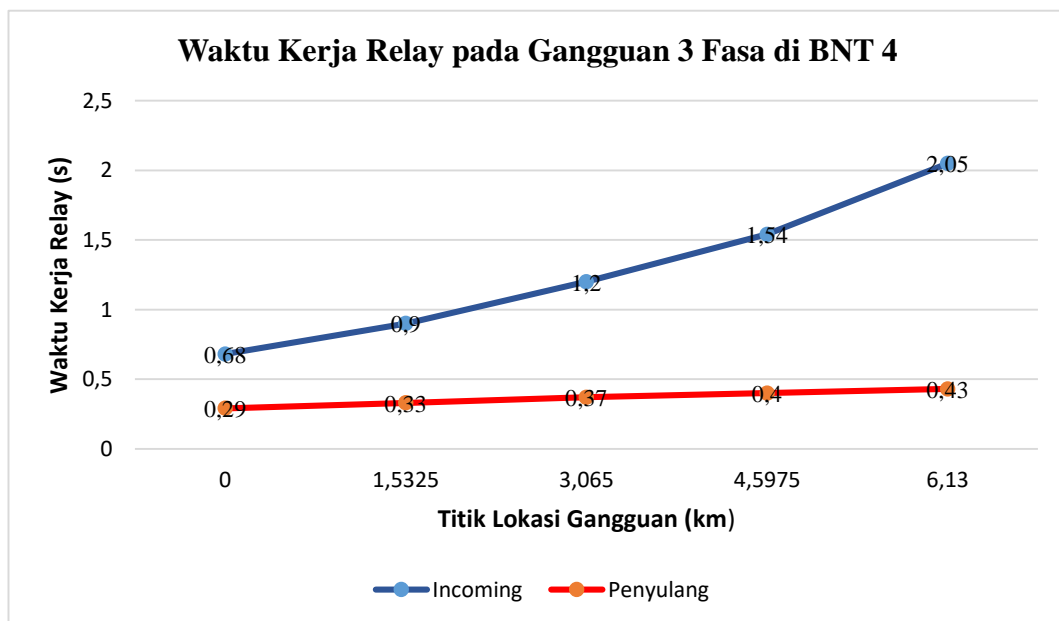
Tabel 4.25 Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa di BNT4

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,68	0,29	0,39
2	1,5325	0,9	0,33	0,57
3	3,065	1,2	0,37	0,83
4	4,5975	1,54	0,40	1,14
5	6,13	2,05	0,43	1,62

Dari hasil perhitungan dari waktu kerja relay *over current relay* pada gangguan 3 fasa yang kemudian dimasukkan ke dalam tabel dapat diketahui bahwa waktu kerja relay pada bagian sisi penyulang 20 kV lebih cepat dari pada waktu kerja relay yang ada pada bagian sisi *incoming* yang terjadi gangguan disetiap titik lokasi yang berdasarkan jaraknya. Waktu kerja relay di bagian sisi penyulang pada gangguan di titik lokasi 0% yang berjarak 0 km yaitu sebesar 0,29 detik sedangkan waktu kerja relay dibagian sisi *incoming* yaitu sebesar 0,68 detik dan selisih waktu kerja relay OCR antara kedua bagian sisi penyulang dan bagian sisi *incoming* yaitu sebesar 0,39 detik. Dan pada gangguan di titik lokasi 50 % atau berjarak 3,065 km ,

waktu kerja relay bagian sisi *incoming* sebesar 1,2 detik sedangkan waktu kerja relay bagian sisi penyulang sebesar 0,37 detik sehingga selisih waktu kerja relay OCR dari kedua bagian tersebut sebesar 0,83 detik. Sehingga dari hasil analisa yang telah diperoleh maka dapat dibuat kesimpulan yaitu bahwa apabila terjadi sebuah gangguan atau dalam kondisi abnormal dibagian sisi penyulang merupakan sebagai relay OCR yang utama dikarenakan juga disisi penyulang ini yang pertama merasakan apabila terjadi gangguan sedangkan pada bagian sisi *incoming* hanya sebagai *back up* atau cadangan. Dan juga dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi gangguan di jarak yang dekat maka waktu kerja relay akan cepat dan jika jarak yang terjadi gangguan jauh maka waktu kerja relay akan lama waktunya sehingga semakin dekat jarak yang terkena gangguan, semakin cepat waktu yang bekerja dan sebaliknya semakin jauh jarak yang terjadi gangguan, semakin lama waktu yang bekerja relay OCR tersebut.

Dari data pada tabel dan analisa yang telah diperoleh maka dibuat kurva yang berdasarkan waktu kerja gangguan dengan titik lokasi jarak gangguan.



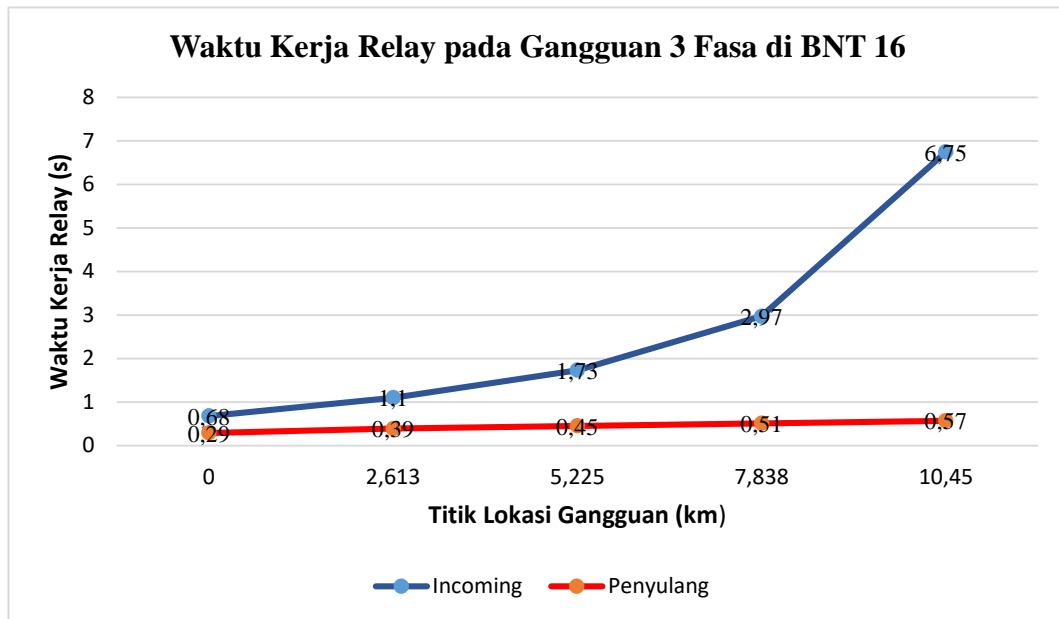
Gambar 4.3 Kurva Waktu Kerja Relay 3 Fasa pada Penyulang BNT 4

Tabel 4.26 Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa di BNT 16

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,68	0,29	0,39
2	2,613	1,1	0,39	0,71
3	5,225	1,73	0,45	1,28
4	7,838	2,97	0,51	2,46
5	10,45	6,75	0,57	6,18

Berdasarkan tabel 4.26, seperti halnya yang terjadi pada waktu kerja relay OCR pada gangguan 3 fasa di penyulang BNT 4, waktu kerja relay OCR pada gangguan 3 fasa di BNT 16 dengan jarak 2,613 km waktu kerja relay di sisi *incoming* yaitu 1,1 detik sedangkan waktu kerja relay di sisi penyulang 0,39 detik dan selisih waktu kerja relaynya yaitu 0,71 detik. Di jarak 10,45 km di titik paling panjang dengan waktu kerja relay di sisi penyulang yaitu 6,75 detik sedangkan di sisi penyulang yaitu 0,57 detik dan selisih waktu kerja relaynya yaitu 6,18 detik. Dan dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi gangguan di jarak yang dekat maka waktu kerja relay akan cepat dan jika jarak yang terjadi gangguan jauh maka waktu kerja relay akan lama waktunya sehingga semakin dekat jarak yang terkena gangguan, semakin cepat waktu yang bekerja dan sebaliknya semakin jauh jarak yang terjadi gangguan, semakin lama waktu yang bekerja relay OCR tersebut.

Dari data pada tabel dan analisa yang telah diperoleh maka dibuat kurva yang berdasarkan waktu kerja gangguan dengan titik lokasi jarak gangguan.



Gambar 4.4 Kurva Waktu Kerja Relay 3 Fasa pada Penyulang BNT 16

4.6.8.2 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa

Tabel 4.27 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa di BNT 4

No	Jarak (km)	Incoming (s)	Penyulang 20 kV (s)
1	0	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{10570,82}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,74$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{10570,82}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,3$
2	1,5325	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$

Lanjutan Tabel 4.27 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2
Fasa di BNT 4

		$t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{6921,56}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,01$	$t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{6921,56}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,35$
3	3,065	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{5107,98}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,37$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{5107,98}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,38$
4	4,5975	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{4038,39}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,9$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{4038,39}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,42$
5	6,13	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{3336,27}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 2,74$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{3336,27}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,45$

Tabel 4.28 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa di BNT 16

No	Jarak (km)	Incoming (s)	Penyulang 20 kV (s)
1	0	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{10570,82}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,74$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{10570,82}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,3$
2	2,613	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{5538,67}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,25$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{5538,67}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,41$
3	5,225	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{3718,45}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 2,19$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{3718,45}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,48$
4	7,838	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{2793,68}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 4,66$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{2793,68}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,55$

Lanjutan Tabel 4.28 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa di BNT 16

5	10,45	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$
		$t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{2236}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{2236}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$
		t = 36,8	t = 0,62

Setelah melakukan perhitungan pemeriksaan waktu kerja relay OCR yang dilakukan digangguan 2 fasa dan dihitung setiap lokasi gangguan maka dibuat rekapitulasi antara relay arus lebih pada sisi penyulang 20 kV dan disisi *incoming*.

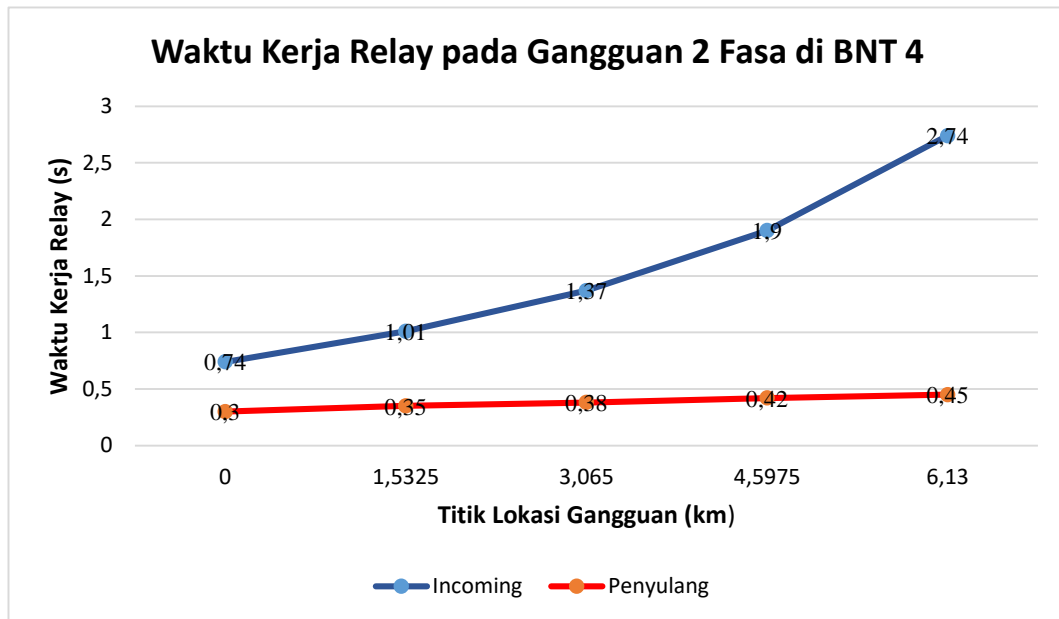
Tabel 4.29 Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa di BNT 4

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,74	0,3	0,44
2	1,5325	1,01	0,35	0,66
3	3,065	1,37	0,38	0,99
4	4,5975	1,9	0,42	1,48
5	6,13	2,74	0,45	2,29

Dari hasil perhitungan dari waktu kerja relay *over current relay* pada gangguan 2 fasa yang kemudian dimasukkan ke dalam tabel dapat diketahui bahwa waktu kerja relay pada bagian sisi penyulang 20 kV lebih cepat dari pada waktu kerja relay yang ada pada bagian sisi *incoming* yang terjadi gangguan disetiap titik lokasi yang berdasarkan jaraknya. Waktu kerja relay

di bagian sisi penyulang pada gangguan di titik lokasi 0% yang berjarak 0 km yaitu sebesar 0,74 detik sedangkan waktu kerja relay dibagian sisi *incoming* yaitu sebesar 0,3 detik dan selisih waktu kerja relay OCR antara kedua bagian sisi penyulang dan bagian sisi *incoming* yaitu sebesar 0,44 detik. Dan pada gangguan di titik lokasi 50 % atau berjarak 3,065 km , waktu kerja relay bagian sisi *incoming* sebesar 1,37 detik sedangkan waktu kerja relay bagian sisi penyulang sebesar 0,38 detik sehingga selisih waktu kerja relay OCR dari kedua bagian tersebut sebesar 0,99 detik. Sehingga dari hasil analisa yang telah diperoleh maka dapat dibuat kesimpulan seperti pada waktu kerja relay pada gangguan 3 fasa yaitu bahwa apabila terjadi sebuah gangguan atau dalam kondisi abnormal dibagian sisi penyulang merupakan sebagai relay OCR yang utama dikarenakan juga disisi penyulang ini yang pertama merasakan apabila terjadi gangguan sedangkan pada bagian sisi *incoming* hanya sebagai *back up* atau cadangan. Dan juga dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi gangguan di jarak yang dekat maka waktu kerja relay akan cepat dan jika jarak yang terjadi gangguan jauh maka waktu kerja relay akan lama waktunya sehingga semakin dekat jarak yang terkena gangguan, semakin cepat waktu yang bekerja dan sebaliknya semakin jauh jarak yang terjadi gangguan, semakin lama waktu yang bekerja relay OCR tersebut.

Dari data pada tabel dan analisa yang telah diperoleh maka dibuat kurva yang berdasarkan waktu kerja gangguan dengan titik lokasi jarak gangguan.



Gambar 4.5 Kurva Waktu Kerja Relay 2 Fasa pada Penyulang BNT 4

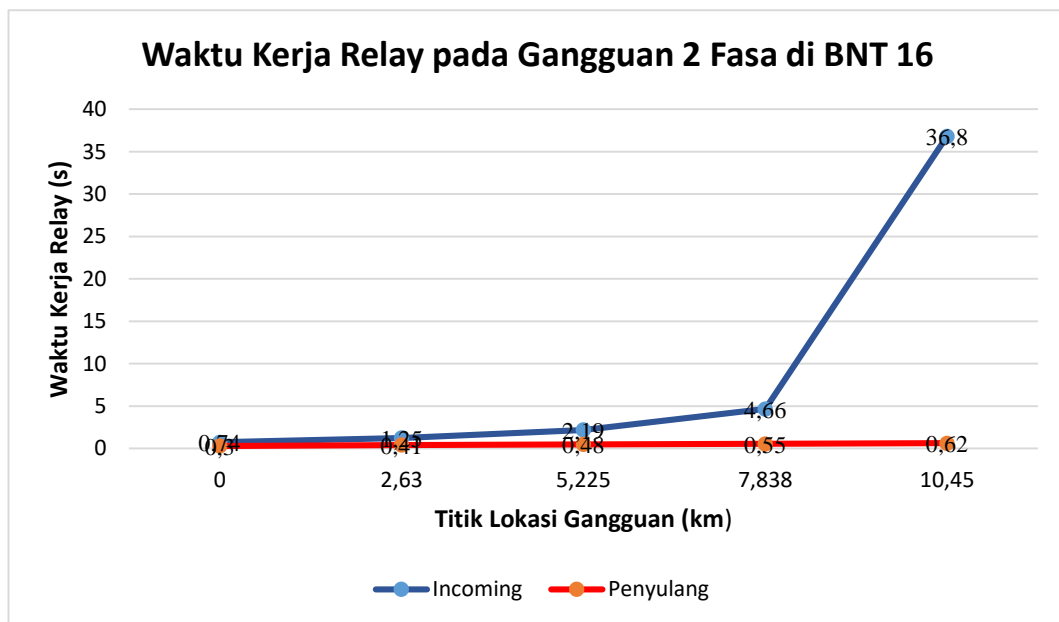
Tabel 4.30 Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa di BNT 16

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,74	0,33	0,41
2	2,613	1,25	0,41	0,84
3	5,225	2,19	0,48	1,71
4	7,838	4,66	0,55	4,11
5	10,45	36,8	0,62	36,18

Berdasarkan tabel 4.30, seperti halnya yang terjadi pada waktu kerja relay OCR pada gangguan 2 fasa di penyulang BNT 4, waktu kerja relay OCR pada gangguan 2 fasa di BNT 16 dengan jarak 2,613 km waktu kerja relay di sisi *incoming* yaitu 1,25 detik sedangkan waktu kerja relay di sisi penyulang 0,41 detik dan selisih waktu kerja relaynya yaitu 0,84 detik. Di jarak 10,45 km di titik paling panjang dengan waktu kerja relay di sisi

penyulang yaitu 36,8 detik sedangkan di sisi penyulang yaitu 0,62 detik dan selisih waktu kerja relaynya yaitu 36,18 detik. Dan dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi gangguan di jarak yang dekat maka waktu kerja relay akan cepat dan jika jarak yang terjadi gangguan jauh maka waktu kerja relay akan lama waktunya sehingga semakin dekat jarak yang terkena gangguan, semakin cepat waktu yang bekerja dan sebaliknya semakin jauh jarak yang terjadi gangguan, semakin lama waktu yang bekerja relay OCR tersebut.

Dari data pada tabel dan analisa yang telah diperoleh maka dibuat kurva yang berdasarkan waktu kerja gangguan dengan titik lokasi jarak gangguan.



Gambar 4.6 Kurva Waktu Kerja Relay 2 Fasa pada Penyulang BNT 16

4.6.8.3 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah

Tabel 4.31 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah di BNT 4

No	Jarak (km)	Incoming (s)	Penyulang 20 kV (s)
1	0	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{3321,42}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,45$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{3321,42}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,23$
2	1,5325	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{2489,02}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,51$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{2489,02}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,5$
3	3,065	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{1986,8}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,6$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{1986,8}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,58$
4	4,5975	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{0,02} - 1}$

Lanjutan Tabel 4.31 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah di BNT 4

		$t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{1652,27}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,61$	$t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{1652,27}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,6$
5	6,13	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{1413,83}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,76$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{1413,83}{301,25}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,71$

Tabel 4.32 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah di BNT 16

No	Jarak (km)	Incoming (s)	Penyulang 20 kV (s)
1	0	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{3321,42}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,55$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{3321,42}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,50$
2	2,613	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{2112,77}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,79$	$t = \frac{0,14 \times \text{TMS}}{\left(\frac{\text{Ifault}}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{2112,77}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,64$

Lanjutan Tabel 4.32 Perhitungan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah di BNT 16

3	5,225	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{1545,59}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,89$	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{1545,59}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,79$
4	7,838	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{1217,81}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,96$	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{1217,81}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 0,95$
5	10,45	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,17}{\left(\frac{1004,61}{2165,06}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,04$	$t = \frac{0,14 \times TMS}{\left(\frac{Ifault}{Iset}\right)^{0,02} - 1}$ $t = \frac{0,14 \times 0,16}{\left(\frac{1004,61}{378,75}\right)^{0,02} - 1}$ $t = 1,03$

Setelah melakukan perhitungan pemeriksaan waktu kerja relay OCR yang dilakukan digangguan fasa ke tanah dan dihitung setiap lokasi gangguan maka dibuat rekapitulasi antara relay arus lebih pada sisi penyulang 20 kV dan disisi *incoming*.

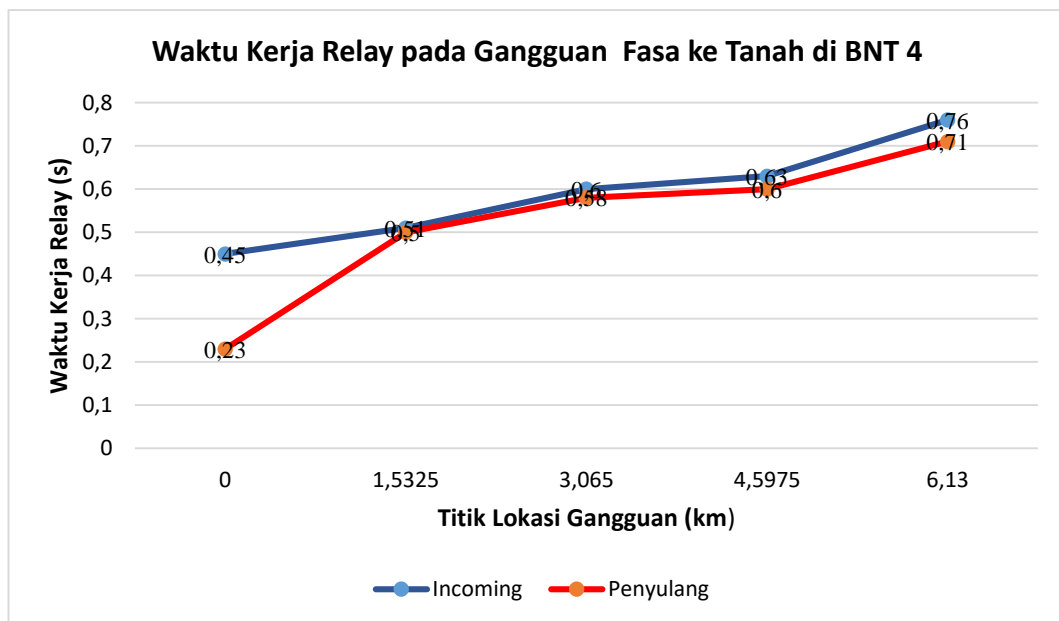
Tabel 4.33 Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah di
BNT 4

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,45	0,23	0,22
2	1,5325	0,51	0,5	0,01
3	3,065	0,6	0,58	0,02
4	4,5975	0,63	0,6	0,03
5	6,13	0,76	0,71	0,05

Dari hasil perhitungan dari waktu kerja relay *over current relay* pada gangguan 1 fasa ke tanah yang kemudian dimasukkan ke dalam tabel dapat diketahui bahwa waktu kerja relay pada bagian sisi penyulang 20 kV lebih cepat dari pada waktu kerja relay yang ada pada bagian sisi *incoming* yang terjadi gangguan disetiap titik lokasi yang berdasarkan jaraknya. Waktu kerja relay di bagian sisi penyulang pada gangguan di titik lokasi 0% yang berjarak 0 km yaitu sebesar 0,45 detik sedangkan waktu kerja relay dibagian sisi *incoming* yaitu sebesar 0,23 detik dan selisih waktu kerja relay OCR antara kedua bagian sisi penyulang dan bagian sisi *incoming* yaitu sebesar 0,22 detik. Dan pada gangguan di titik lokasi 50 % atau berjarak 3,065 km, waktu kerja relay bagian sisi *incoming* sebesar 0,51 detik sedangkan waktu kerja relay bagian sisi penyulang sebesar 0,5 detik sehingga selisih waktu kerja relay OCR dari kedua bagian tersebut sebesar 0,01 detik. Sehingga dari hasil analisa yang telah diperoleh maka dapat dibuat kesimpulan seperti pada waktu kerja relay pada gangguan 3 fasa dan pada gangguan 2 fasa yaitu bahwa apabila terjadi sebuah gangguan atau dalam kondisi abnormal dibagian sisi penyulang merupakan sebagai relay OCR yang utama dikarenakan juga disisi penyulang ini yang pertama merasakan apabila

terjadi gangguan sedangkan pada bagian sisi *incoming* hanya sebagai *back up* atau cadangan. Dan juga dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi gangguan di jarak yang dekat maka waktu kerja relay akan cepat dan jika jarak yang terjadi gangguan jauh maka waktu kerja relay akan lama waktunya sehingga semakin dekat jarak yang terkena gangguan, semakin cepat waktu yang bekerja dan sebaliknya semakin jauh jarak yang terjadi gangguan, semakin lama waktu yang bekerja relay OCR tersebut. Tetapi waktu kerja relay OCR ini lebih cepat karena sebagian arus lebihnya akan disalurkan ke tanah atau *ground*.

Dari data pada tabel dan analisa yang telah diperoleh maka dibuat kurva yang berdasarkan waktu kerja gangguan dengan titik lokasi jarak gangguan.



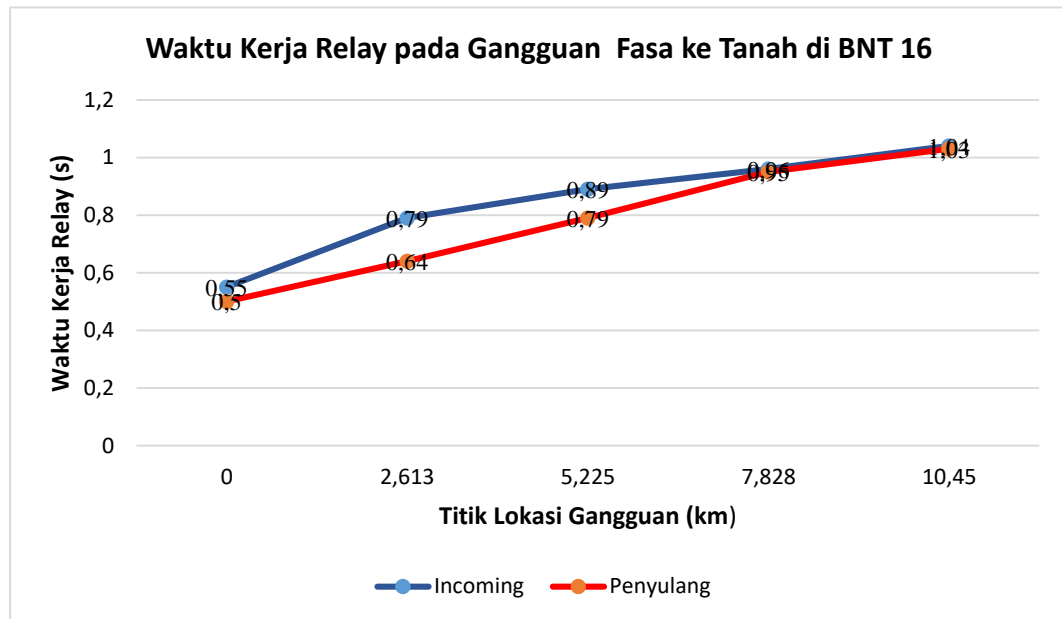
Gambar 4.7 Kurva Waktu Kerja Relay Fasa ke Tanah pada Penyulang
BNT 4

Tabel 4.34 Selisih Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan Fasa ke Tanah di
BNT 16

No	Jarak (km)	Waktu Kerja Relay <i>Incoming</i> (s)	Waktu Kerja Relay Penyulang (s)	Selisih Waktu (s)
1	0	0,55	0,50	0,05
2	2,613	0,79	0,64	0,15
3	5,225	0,89	0,79	0,1
4	7,838	0,96	0,95	0,01
5	10,45	1,04	1,03	0,01

Berdasarkan tabel 4.34, seperti halnya yang terjadi pada waktu kerja relay OCR pada gangguan fasa ke tanah di penyulang BNT 4, waktu kerja relay OCR pada gangguan fasa ke tanah di BNT 16 dengan jarak 2,613 km waktu kerja relay di sisi *incoming* yaitu 0,79 detik sedangkan waktu kerja relay di sisi penyulang 0,64 detik dan selisih waktu kerja relaynya yaitu 0,15 detik. Di jarak 10,45 km di titik paling panjang dengan waktu kerja relay di sisi penyulang yaitu 1,04 detik sedangkan di sisi penyulang yaitu 1,03 detik dan selisih waktu kerja relaynya yaitu 0,01 detik. Dan dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi gangguan di jarak yang dekat maka waktu kerja relay akan cepat dan jika jarak yang terjadi gangguan jauh maka waktu kerja relay akan lama waktunya sehingga semakin dekat jarak yang terkena gangguan, semakin cepat waktu yang bekerja dan sebaliknya semakin jauh jarak yang terjadi gangguan, semakin lama waktu yang bekerja relay OCR tersebut.

Dari data pada tabel dan analisa yang telah diperoleh maka dibuat kurva yang berdasarkan waktu kerja gangguan dengan titik lokasi jarak gangguan.



Gambar 4.8 Kurva Waktu Kerja Relay Fasa ke Tanah pada Penyulang BNT 16

4.6.9 Simulasi pada *Over Current Relay* Menggunakan *Software ETAP*

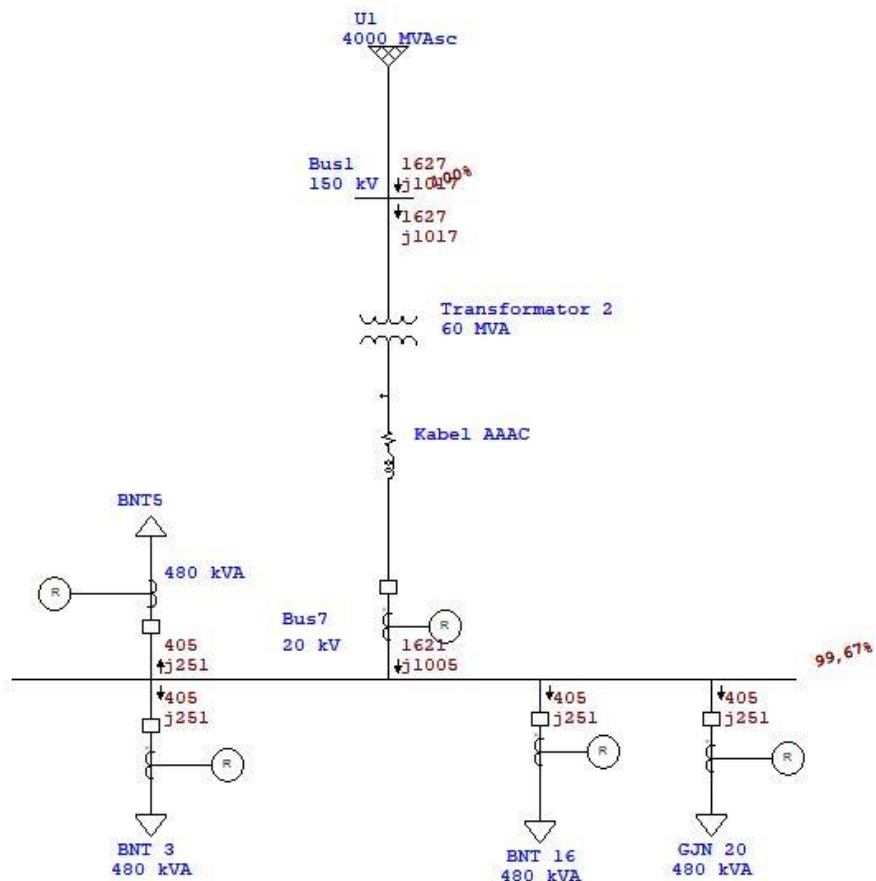
Setelah melakukan penelitian dan telah mendapatkan data dari *over current relay* atau relay arus lebih di gardu induk Bantul disisi incoming dan disisi penyulang kemudian dilakukan perhitungan. Dan selanjutnya dilakukan simulasi relay arus lebih tersebut, apakah relay arus lebih sudah sesuai atau layak untuk mengamankan bagian – bagian peralatan dan apakah relay tersebut juga sudah melakukan tugasnya ketika terjadinya sebuah gangguan – gangguan.

Selanjutnya untuk menyimulasikan kinerja dari relay OCR disisi penyulang 20 kV dan disini menggunakan 2 penyulang untuk melakukan simulasi. Karena mengambil 2 penyulang untuk melakukan perbandingan simulasi antara *over current relay* yang terdapat di PT PLN dengan *over current relay* yang datanya dari perhitungan secara manual.

Untuk mengetahui relay OCR yang terpasang pada gardu induk Bantul 150 kV yang terhubung ke penyulang – penyulang tersebut telah

memenuhi kriteria atau telah baik dalam bekerja sebagai pengaman yang simulasinya sebagai berikut :

1. Simulasi *over current relay* terpasang di penyulang BNT 4

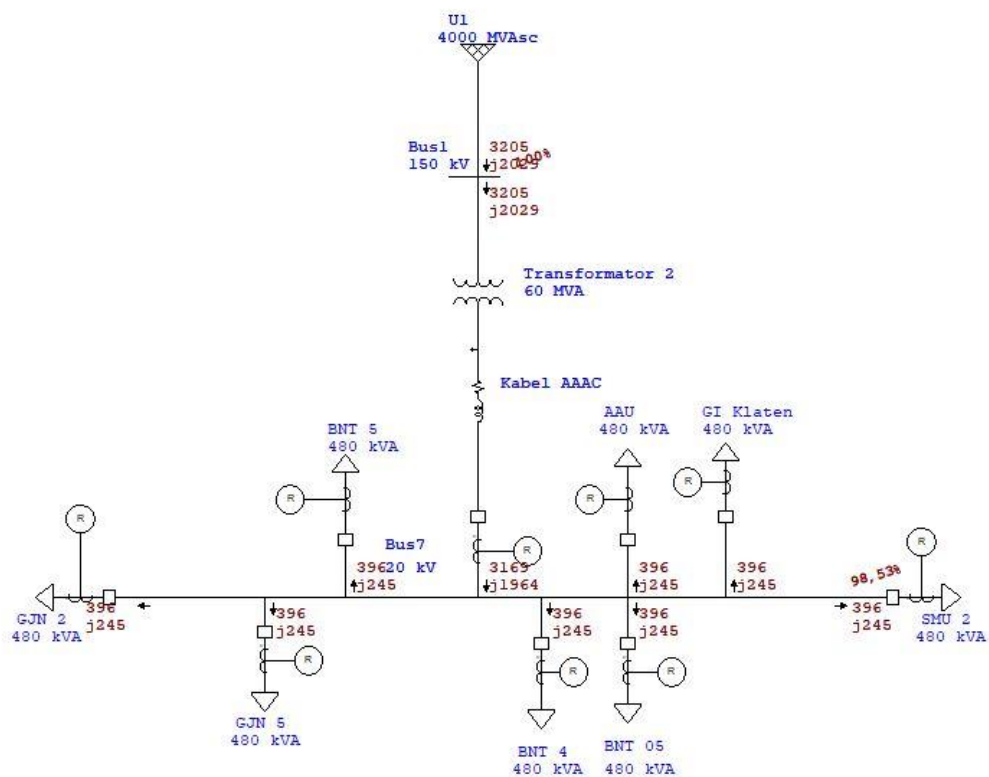


Gambar 4.9 Rangkaian Simulasi *over current relay* terpasang di penyulang BNT 4

Dari simulasi di sisi penyulang BNT 4 terpasang dengan menggunakan data – data dari gardu induk Bantul 150 kV. Yang membedakan yaitu data masukan dari *over current relay* dengan data dari *over current relay* yang terpasang dengan *over current relay* yang terhitung. Nilai relay yang terpasang disisi *incoming* dengan TMS 0,36 detik, $t = 0,7$ detik, dengan rasio CT 2000/5 dan relay yang terpasang disisi penyulang BNT 4 dengan TMS 0,25 detik, $t = 0,3$ detik, dengan rasio CT 400/5. Kemudian disimulasikan

menggunakan *software* ETAP dengan kesimpulan *over current relay* telah disetting dengan baik dan dapat bekerja dan mengamankan komponen – komponen. Oleh karena itu, relay OCR disisi *incoming* hanya bekerja sebagai cadangan atau *back – up* sedangkan relay OCR disisi penyulang bekerja memberikan perintah ke PMT untuk melakukan trip.

2. Simulasi *over current relay* terpasang di penyulang BNT 16

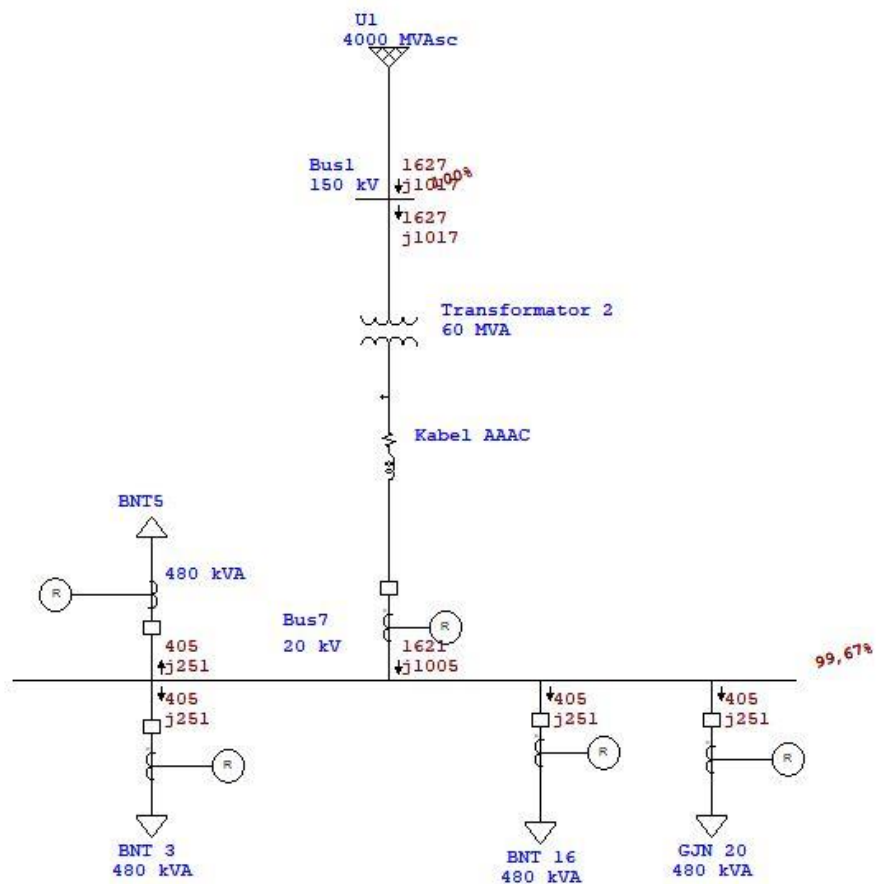


Gambar 4.10 Rangkaian Simulasi *over curent relay* terpasang di penyulang BNT 16

Dari simulasi di sisi penyulang BNT 16 terpasang dengan menggunakan data – data dari gardu induk Bantul 150 kV. Yang membedakan yaitu data masukan dari *over current relay* dengan data dari *over current relay* yang terpasang dengan *over current relay* yang terhitung. Nilai dari yang terpasang relay OCR disisi *incoming* dan

disisi penyulang BNT 16 sama dengan relay OCR di penyulang BNT 4. Nilai relay yang terpasang disisi *incoming* dengan TMS 0,36 detik, $t = 0,7$ detik, dengan rasio CT 2000/5 dan relay yang terpasang disisi penyulang BNT 16 dengan TMS 0,25 detik, $t = 0,3$ detik, dengan rasio CT 400/5. Kemudian disimulasikan menggunakan *software* ETAP dengan kesimpulan *over current relay* telah disetting dengan baik dan dapat bekerja dan mengamankan komponen – komponen. Oleh karena itu, relay OCR disisi *incoming* hanya bekerja sebagai cadangan atau *back – up* sedangkan relay OCR disisi penyulang bekerja memberikan perintah ke PMT untuk melakukan trip.

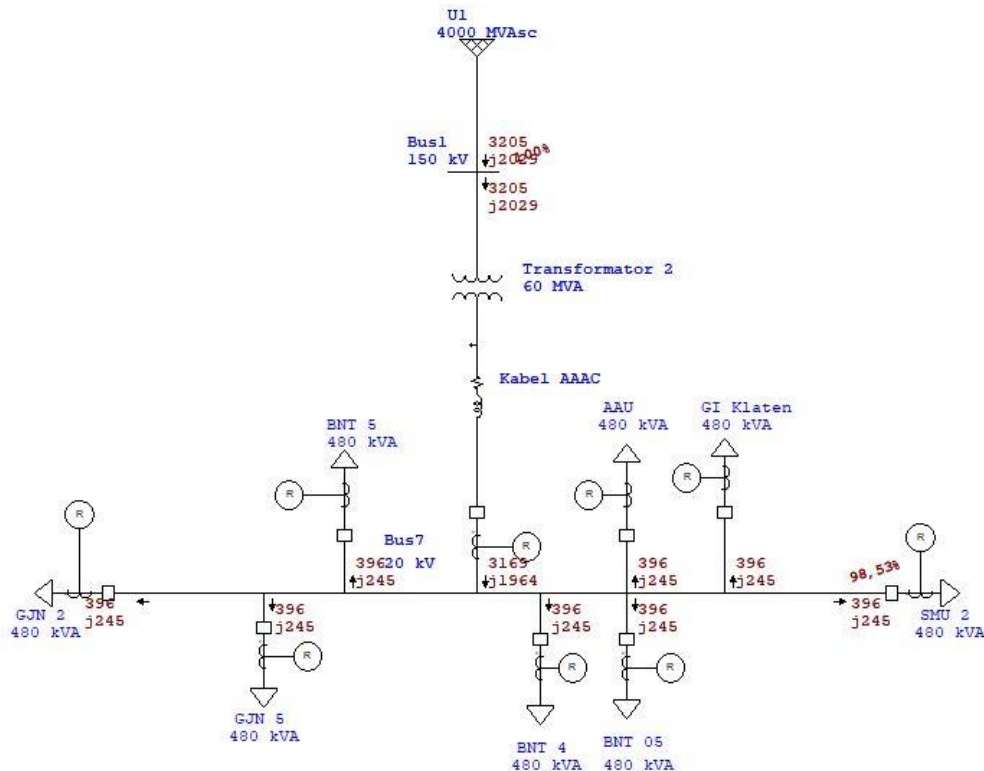
3. Simulasi *over current relay* terhitung di penyulang BNT 4



Gambar 4.11 Rangkaian Simulasi *over current relay* terhitung di penyulang BNT 4

Dari simulasi di sisi penyulang BNT 4 terhitung dengan menggunakan data – data dari gardu induk Bantul 150 kV. Kemudian setelah melakukan perhitungan telah selesai dilanjutkan dengan memasukkan data perhitungan tersebut kedalam *software* ETAP. Nilai relay yang terpasang disisi *incoming* dengan TMS 0,17 detik, $t = 0,68$ detik, dengan rasio CT 2000/5 dan relay yang terpasang disisi penyulang BNT 4 dengan TMS 0,16 detik, $t = 0,29$ detik, dengan rasio CT 400/5. Kemudian disimulasikan menggunakan *software* ETAP dengan kesimpulan *over current relay* telah disetting dengan baik dan dapat bekerja dan mengamankan komponen – komponen. Oleh karena itu, relay OCR disisi *incoming* hanya bekerja sebagai cadangan atau *back – up* sedangkan relay OCR disisi penyulang bekerja memberikan perintah ke PMT untuk melakukan trip. Yang membedakan antara relay OCR disisi penyulang yang terhitung dengan relay OCR yang terpasang nilai TMS dan t (waktu), tetapi selisih TMS di OCRnya masih sesuai kriteria dan masih bekerja dengan dengan selisih TMS tidak jauh yaitu sebesar 0,09 detik sedangkan selisih t yaitu 0,01 detik.

4. Simulasi *over current relay* terhitung di penyulang BNT 16



Gambar 4.12 Rangkaian Simulasi *over current relay* terhitung di penyulang BNT 16

Dari simulasi di sisi penyulang BNT 16 terhitung dengan menggunakan data – data dari gardu induk Bantul 150 kV. Kemudian setelah melakukan perhitungan telah selesai dilanjutkan dengan memasukkan data perhitungan tersebut kedalam *software* ETAP. Nilai relay yang terpasang disisi *incoming* dengan TMS 0,17 detik, $t = 0,68$ detik, dengan rasio CT 2000/5 dan relay yang terpasang disisi penyulang BNT 16 dengan TMS 0,16 detik, $t = 0,29$ detik, dengan rasio CT 400/5. Kemudian disimulasikan menggunakan *software* ETAP dengan kesimpulan *over current relay* telah disetting dengan baik dan dapat bekerja dan mengamankan komponen – komponen. Oleh karena itu, relay OCR disisi *incoming* hanya bekerja sebagai cadangan atau *back – up* sedangkan relay OCR disisi penyulang bekerja memberikan perintah ke PMT untuk melakukan trip. Yang membedakan antara relay

OCR disisi penyulang yang dihitung dengan relay OCR yang terpasang nilai TMS dan t (waktu), tetapi selisih TMS di OCRnya masih sesuai kriteria dan masih bekerja dengan dengan selisih TMS tidak jauh yaitu sebesar 0,09 detik sedangkan selisih t yaitu 0,01 detik. Perbedaan penyulang BNT 4 dan penyulang BNT 16 hanya di panjang kabel dan beban. Dan di penyulang BNT 16 kemungkinan banyak terjadinya gangguan karena panjang jarak jaringannya lebih panjang karena semakin panjang jarak jaringan maka akan semakin banyak kemungkinan terjadinya gangguan – gangguan.

4.6.10 Perbandingan dari Simulasi Nilai *Setting Relay Over Current Relay* Terpasang dan Terhitung

Tabel 4.35 Perbandingan Nilai Setting OCR Terpasang dan Terhitung disisi *Incoming*

Relay		Sisi <i>Incoming</i>	
		Relay Terpasang	Relay Terhitung
OCR	TMS	0,36	0,17
	t	0,7	0,68
	Rasio CT	2000/5	2000/5

Tabel 4.36 Perbandingan Nilai Setting OCR Terpasang dan Terhitung disisi Penyulang

Relay		Sisi Penyulang	
		Relay Terpasang	Relay Terhitung
OCR	TMS	0,25	0,16
	t	0,3	0,29
	Rasio CT	400/5	400/5

Dari hasil data didalam tabel perbandingan antara nilai *setting* relay OCR yang terpasang dengan nilai *setting* relay OCR yang terhitung mempunyai perbedaan dari nilai *setting* relay OCR yaitu disetting pada nilai TMS (*Time Multiplier Setting*) dan t (*time*). Pada bagian relay *over current relay* yang terpasang di gardu induk 150 kV di sisi *incoming* TMSnya sebesar 0,36 detik dan t yang terpasang sebesar 0,7 detik sedangkan hasil dari perhitungan nilai *setting* relay OCR di sisi *incoming* TMS sebesar 0,17 dan t sebesar 0,68 detik. Dan mempunyai selisih nilai *setting* TMS sebesar 0,19 detik dan selisih nilai t sebesar 0,02 detik. Pada bagian relay *over current relay* yang terpasang di penyulang 20 kV nilai *setting* TMSnya sebesar 0,25 detik dan nilai t yang terpasang sebesar 0,3 detik sedangkan hasil dari perhitungan nilai *setting* relay OCR di sisi penyulang nilai TMS sebesar 0,16 dan nilai t sebesar 0,29 detik. Dan mempunyai selisih nilai *setting* TMS sebesar 0,09 detik dan selisih nilai t sebesar 0,01 detik.