

STUDI KOORDINASI PROTEKSI ARUS LEBIH ANTARA RECLOSER DAN RELAY ARUS LEBIH PADA PENYULANG PEMATANG MAS GI 20 KV KOTA BARU

Indah Mayasari¹, Rudi Kurnianto², Danial³

indahmysri11@gmail.com¹, rudi.kurnianto@ee.untan.ac.id², danial.noah@ee.untan.ac.id³

Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Pada saat ini sistem tenaga listrik menjadi bagian sangat penting dalam aktivitas kehidupan sehari-hari. Gangguan yang umum terjadi pada sistem distribusi adalah gangguan hubung singkat, diperlukan peralatan proteksi seperti relay arus lebih fasa (OCR), relay arus lebih fasa – tanah (GFR) dan recloser. Penelitian ini menghitung gangguan hubung singkat 1 fasa – tanah, 2 fasa – fasa dan 3 fasa – fasa di jarak penyulang tiap bus jarak 0% dan 100% sebagai dasar menentukan setting relay invers dan recloser. Simulasi yang digunakan yaitu, Digsilent Power Factory 15.1 Diperoleh hasil visualisasi kurva koordinasi antara recloser dan relay tidak saling berpotongan hal ini menunjukkan bahwa koordinasi antara recloser dan relay di penyulang Pematang Mas gardu induk 20 kV Kota Baru sudah benar.

Kata Kunci: Ocr, Gfr, Recloser, Koordinasi, Digsilent Power Factory 15.1.

ABSTRACT

Electric power systems have become increasingly vital in everyday life activities. Common disturbances in distribution systems include short circuits, necessitating protective equipment such as overcurrent relays (OCR), ground fault relays (GFR), and reclosers. This study calculates single-phase-to-ground, two-phase-to-phase, and three-phase-to-phase short circuit faults at feeder distances from each bus at 0% and 100% lengths to determine settings for inverse relays and reclosers. The simulation utilized is Digsilent Power Factory 15.1. Visualization results show that the coordination curve between reclosers and relays does not intersect, indicating correct coordination between the recloser and relay at the Pematang Mas 20 kV substation in Kota Baru.

Keywords: Ocr, Gfr, Recloser, Coordination, Digsilent Power Factory 15.1.

PENDAHULUAN

Pada saat ini sistem tenaga listrik menjadi bagian sangat penting dalam aktivitas kehidupan sehari – hari. Sistem tenaga listrik memiliki tiga bagian penting yaitu, sistem pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi.

Gangguan - gangguan yang umum terjadi pada sistem distribusi adalah, gangguan hubung singkat. Peralatan proteksi yang umum digunakan pada sistem distribusi adalah relay arus lebih fasa (OCR) dan relay arus lebih fasa – tanah (GFR). Dengan pengaturan yang tepat peralatan proteksi tersebut dapat bekerja dengan baik. Gangguan – gangguan hubung singkat yang biasa terjadi pada sistem listrik 20 kV dapat disebabkan oleh binatang atau saat terjadinya pohon tumbang yang menimpa kabel listrik dan dapat juga berupa kesalahan manusia (human error) seperti kesalahan saat pengoperasian.

Pada saat ini pemasangan recloser di setiap penyulang masih sedikit. Adanya penambahan proteksi recloser dapat mencegah terjadinya pemutus layanan total pada sebuah feeder. (Meier

1.1 Analisa dan Perhitungan Arus Hubung Singkat

Analisa dan perhitungan arus hubung singkat dilakukan guna untuk mendapatkan nilai arus hubung singkat yang terjadi saat terjadi gangguan serta nilai arus hubung singkat digunakan dalam setting TMS recloser dan relay. Sebelum mendapatkan nilai arus hubung

singkat dilakukan beberapa perhitungan impedansi, seperti impedansi sumber, impedansi saluran, impedansi trafo dan impedansi ekivalen.

Menghitung impedansi

a. Menghitung impedansi sumber pada sisi 150 kV dapat menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$X_{SC} = \frac{kV^2}{MVA_{SC}}$$

Untuk mengubah impedansi sisi 150 kV menjadi impedansi sumber sisi 20 kV dapat menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$X_{SC} = \frac{kV2^2}{kV1kA\sqrt{3}}$$

b. Menghitung impedansi trafo dapat menggunakan persamaan 3 sebagai berikut:

$$X_T = \% \frac{kV^2}{MVA}$$

c. Menghitung impedansi saluran dapat menggunakan persamaan 4 sebagai berikut:

$$Z = \frac{(R + jX)Ohm}{km}$$

d. Menghitung impedansi ekivalen nilai positif/negatif dapat menggunakan persamaan 5 sebagai berikut:

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = X_{S(20kV)} + X_{t1} + Z_1 \text{ penyulang}$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai ekivalen urutan nol dapat menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$Z_{0eq} = X_{t0} + 3RN + Z_0$$

Menentukan arus hubung singkat

Untuk mencari nilai gangguan hubung singkat 1 fasa – tanah dapat menggunakan persamaan 7:

$$I_{SC1\phi - N} = \frac{3 \times V_{LN}}{(2 \times Z_{1eq}) + Z_{0eq}}$$

Dimana:

$I_{SC1\phi - N}$ = Gangguan hubung singkat 1 fasa – tanah

V_{LN} = Tegangan fasa – netral

Z_{1eq} = Impedansi ekivalen urutan positif/negative

Z_{0eq} = Impedansi ekivalen urutan nol

Untuk mencari nilai gangguan hubung singkat 2 fasa – fasa dapat menggunakan persamaan 8:

$$I_{SC2\phi} = \frac{V_{ph}}{(2 \times Z_{1eq})}$$

Dimana:

$I_{SC2\phi}$ = Gangguan hubung singkat 2 f-f

V_{ph} = Tegangan 20 kV fasa – fasa

Z_{1eq} = Impedansi ekivalen urutan positif/negative

Untuk mencari nilai gangguan hubung singkat 3 fasa – fasa dapat menggunakan persamaan 9:

$$I_{SC3\phi} = \frac{V_{LN}}{Z_{1eq}}$$

Dimana :

$I_{SC3\phi}$ = Gangguan hubung singkat 3 f-f

V_{LN} = Tegangan 20 kV fasa - netral

Z_{1eq} = Impedansi ekivalen urutan positif/negative.

Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR)

OCR merupakan pengaman listrik bila terjadi gangguan hubung singkat antara belitan fasa sedangkan GFR merupakan pengaman peralatan listrik saat terjadi gangguan hubung singkat antara fasa – tanah. Kedua peralatan ini digunakan dalam melindungi peralatan listrik saat terjadi gangguan hubung singkat. Dalam menentukan nilai setting waktu berdasarkan karakteristik kurva invers dapat menggunakan persamaan 10:

$$TMS = \frac{(I_f/I_{set})^\alpha - 1}{\beta}$$

Dimana :

t = waktu kerja relay

I_f = Arus hubung singkat

TMS = Time multiple setting

I_{set} = Arus setting relay

Recloser

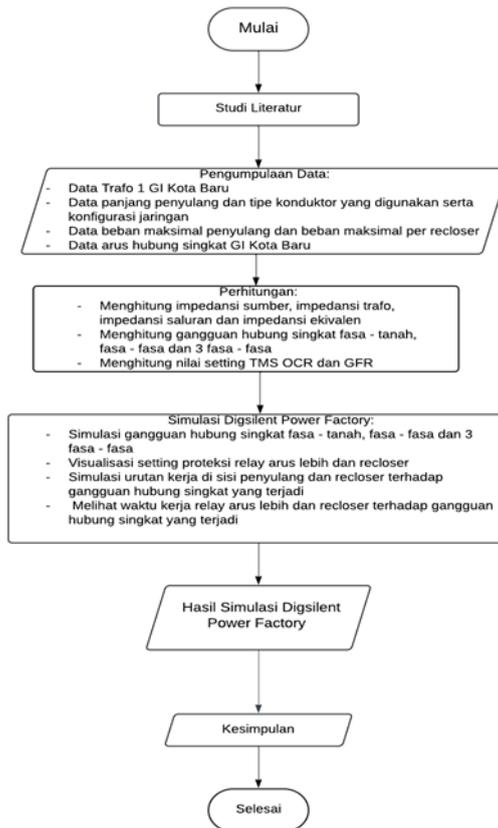
Recloser artinya menutup kembali dipergunakan untuk mengamankan peralatan listrik jaringan SUTM bila terjadi gangguan hubung singkat temporer atau permanen. Pengaman jenis ini dapat di setel cepat untuk gangguan yang permanen. Setelan lambat perlu dikoordinasikan dengan pengaman lain seperti OCR, GFR dan Fuse.

1.4 Digsilent Power Factory 15.1

Power factory adalah aplikasi perangkat lunak yang menganalisis sistem tenaga untuk digunakan dalam melakukan simulasi sistem pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi dan untuk industri. DigSilent sendiri merupakan singkatan dari “Digital Simulation and Electrical Network Calculation Program”. Simulasi ini juga memiliki beberapa fitur utama, yaitu mendefinisikan, memodifikasi dan mengorganisir sebuah kasus, memiliki single line diagram yang interaktif dan pengaturan data yang mudah, elemen sistem ketenagaan dan database kasus, fungsi perhitungan serta tampilan yang umum untuk computer – based mapping systems. Dengan hanya menggunakan sebuah database telah terdapat semua data yang diinginkan dari semua peralatan sistem ketenagaan contohnya data transmisi atau kabel, data generator, data proteksi, dll.

METODOLOGI

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode perhitungan dan simulasi. Dilakukan perhitungan arus hubung singkat 1 fasa – tanah, 2 fasa – fasa dan 3 fasa – fasa hasil perhitungan arus hubung singkat akan digunakan dalam mendapatkan nilai setting relay dan recloser. Setelah melakukan perhitungan, dilakukan simulasi digsilent power factory 15.1 dengan memasukan data yang digunakan akan di peroleh hasil simulasi berupa grafik waktu trip antara recloser dan relay arus lebih pada penyulang Pematang Mas gardu induk 20 kV Kota Baru.

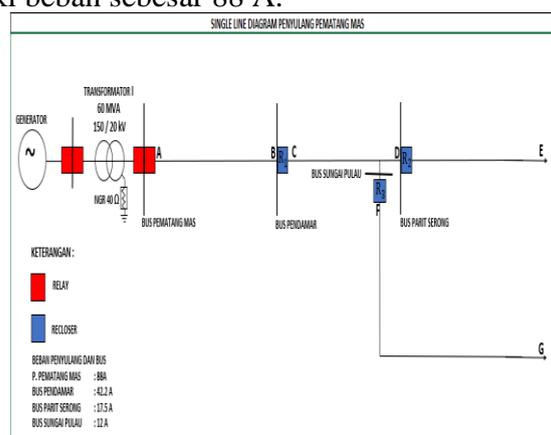


Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Penyulang Pematang Mas seperti ditunjukkan pada gambar IV.1 memiliki sumber yang berasal dari gardu induk Kota Baru. Penyulang Pematang Mas menggunakan trafo 60 MVA yang memiliki alat proteksi relay arus lebih dan relay arus lebih tanah. Pada penyulang Pematang Mas memiliki beban sebesar 88 A.



Gambar 1 Single line digram prnyulang Pematang Mas

Tabel 1. Data trafo 1 gardu induk Kota Baru

Nama	Trafo 1 Kota Baru
Gardu Induk	Kota Baru
Merk	Pauwels

Daya (MVA)	60
Tahun Buat	2019
VectorX	YNyn0+d
Tegangan Primer (kV)	150
Tegangan Sekunder (kV)	20
Arus Primer (A)	255,6
Arus Sekunder (A)	1574,6
Minyak	NYNAS Nitro Libra
BIL (kV)	650
Cooling	Onan/onaf
Impedansi (%)	12.5
RN (Ω)	40
Buatan	Indonesia

Tabel 2. Panjang penyulang Pematang Mas

Nama	Jenis Penghantar	Diameter	Panjang
			Penghantar
	r	ar	r
Penyulang Pematang Mas	AAAC	150 mm^2	28 km
Bus Pendamar	AAAC	150 mm^2	19 km
Bus Parit Serong	AAAC	150 mm^2	15 km
Bus Sungai Pulau	AAAC	150 mm^2	15 km

Tabel 3. Jenis penghantar AAAC

Jenis Penghantar	Diameter	Impedansi Urutan	Impedansi
	ar	Positif/Negatif	i Urutan Nol
AAAC (A3C)	150 mm^2	0,2162 + j 0,3305 (Ω)	0,3631 + j 1,6180 (Ω)

Tabel 4. IHS sisi 150 kV

Lokasi	1 Fasa		3 Fasa	
	Min	Max	Min	Max
Gardu Induk Kota Baru	4.15 kA	4.16 kA	4.22 kA	4.35 kA

Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan Impedansi Sumber

Dalam menghitung impedansi sumber, data yang dibutuhkan adalah data arus hubung singkat sumber pada bus 150 kV GI Kota Baru. Namun data tersebut tidak serta merta dapat langsung diterapkan, karena data tersebut merupakan nilai impedansi pada sisi 150 kV data tersebut perlu dikonversikan terlebih dahulu ke sisi 20 kV karena penelitian ini menghitung hubung singkat pada sisi 20 kV. Untuk mengkonversikan impedansi 150 kV ke 20 kV digunakan persamaan 1

Short circuit sumber : 4.35 kA

Tegangan Primer : 150 kV

Tegangan Sekunder : 20 kV

$$= X_{SC} = \frac{20^2}{150.4.35 \sqrt{3}}$$

$$= j0.35393$$

Perhitungan Impedansi Trafo

Daya Trafo : 60 MVA

Impedansi Trafo : 12.5 %

Tegangan Sekunder : 20 kV

$$= X_{T1} = \% \frac{kV^2}{MVA}$$

$$= j0.82333$$

$$= X_{T1} = j0.8233 \times 10$$

$$= j8.2333$$

Perhitungan Impedansi Saluran

Perhitungan impedansi saluran pada penyulang Pematang Mas dapat menggunakan persamaan (4). Pada penyulang Pematang Mas tipe konduktor yang digunakan adalah AAAC dengan luas penampang 150 mm^2 .

Impedansi saluran positif/ negatif : 0,2162 + j0,3305

Impedansi saluran nol : 0,3631 + j1,6180

Tabel 5. Impedansi urutan positif/negatif bus Pematang Mas

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan positif/negatif
0%	0	$0 \times (0.2162 + j0.3305)$	0
100%	28	$28 \times (0.2162 + j0.3305)$	$6.0536 + j9.254$

Tabel 6 Impedansi urutan nol bus Pematang Mas

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan nol
0%	0	$0 \times (0.3631 + j1.6180)$	0
100%	28	$28 \times (0.3631 + j1.6180)$	$10.1668 + j45.304$

Tabel 7. Impedansi urutan positif/negatif bus Pendamar

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan positif/negatif
0%	28	$28 \times (0.2162 + j0.3305)$	$6.0536 + j9.254$
100%	47	$47 \times (0.2162 + j0.3305)$	$10.1614 + j15.5335$

Tabel 8. Impedansi urutan nol bus Pendamar

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitugan	Impedansi urutan nol
-----------	------------	------------	----------------------

0%	28	$28 \times (0.3631 + j1.6180)$	$10.1668 + j45.304$
100%	47	$47 \times (0.3631 + j1.6180)$	$17.0657 + j76.046$

Tabel 9. Impedansi urutan positif/negatif bus Parit Serong

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan positif/negatif
0%	47	$47 \times (0.2162 + j0.3305)$	$10.1614 + j15.5335$
100%	62	$62 \times (0.2162 + j0.3305)$	$13.4044 + j20.491$

Tabel 10. Impedansi urutan nol bus Parit Serong

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan nol
0%	47	$47 \times (0.3631 + j1.6180)$	$17.0657 + j76.046$
100%	62	$62 \times (0.3631 + j1.6180)$	$22.5122 + j100.361$

Tabel 11. Impedansi urutan positif/negatif bus Sungai Pulau

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan positif/negatif
0%	47	$47 \times (0.2162 + j0.3305)$	$10.1614 + j15.5335$
100%	62	$62 \times (0.2162 + j0.3305)$	$13.4044 + j20.491$

Tabel 12. Impedansi urutan nol bus Sungai Pulau

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan nol
0%	47	$47 \times (0.3631 + j1.6180)$	$17.0657 + j76.046$
100%	62	$62 \times (0.3631 + j1.6180)$	$22.5122 + j100.361$

Perhitungan Impedansi Ekuivalen

Untuk menentukan besarnya nilai impedansi ekuivalen urutan positif/negatif dapat menggunakan persamaan (4). Sedangkan untuk mencari nilai impedansi ekuivalen urutan nol menggunakan persamaan (5). Pada impedansi ekuivalen urutan nol terdapat nilai resistansi

rangkaian nol (RN) yang harus ditambah dalam persamaan diketahui bahwa nilai resistansi rangkaian nol (RN) di GI Kota Baru adalah 40Ω maka nilai $RN = 40 \Omega$

Tabel 13. Impedansi ekuivalen urutan positif/negatif bus Pematang Mas

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan positif/negatif
0%	0	$j0.35393 + j0.8233 + 0$	$j1.1776$
100%	28	$j0.35393 + j0.8233 + j9.254 + 6.05416$	$j10.4316 + 6.05416$

Tabel 14. Impedansi ekuivalen urutan nol bus Pematang Mas

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan nol
0%	0	$j8.2333 + (3 \times 40) + 0$	$j8.2333 + 120$
100%	28	$j8.2333 + (3 \times 40) + j45.304 + 10.1688$	$j53.5373 + 130.1668$

Tabel 15. Impedansi ekuivalen urutan positif/negatif bus Pendamar

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan positif/negatif
0%	28	$j0.35393 + j0.8233 + j9.254 + 6.05416$	$j10.4316 + 6.05416$
100%	47	$j0.35393 + j0.8233 + 10.1614 + j15.5335$	$j16.7111 + 10.1614$

Tabel 16. Impedansi ekuivalen urutan nol bus Pendamar

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan nol
0%	28	$j8.2333 + (3 \times 40) + j45.304 + 10.1688$	$j53.5373 + 130.1668$
100%	47	$j8.2333 + (3 \times 40) + j76.046 + 17.0657$	$j84.279 + 137.0657$

Tabel 17. Impedansi ekuivalen urutan positif/negatif bus Parit Serong

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan positif/negatif
-----------	------------	-------------	----------------------------------

				negatif
0%	47	j0.35393 +j0.8233 + 10.1614 + j15.5335	j16.7111 + 10.1614	
100%	62	j0.35393 +j0.8233 + j20.491 + 13.4044	j21.6686 + 13.4044	

Tabel 18. Impedansi ekuivalen urutan nol bus Parit Serong

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan nol
0%	47	j8.2333+(3x40) +j76.046 +17.0657	J84.279 + 137.0657
100%	62	j8.233+(3x40)+ j100.316 + 22.5122	J108.544 + 142.5122

Tabel 19. Impedansi ekuivalen urutan positif/negatif bus Sungai Pulau

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan positif/negatif
0%	47	j0.35393+j0.8 233+ 10.1614 + j15.5335	j16.7111 + 10.1614
100%	62	j0.35393 + j0.8233+ j20. 491 +13.4044	j21.6686 + 13.4044

Tabel 20. Impedansi ekuivalen urutan nol bus Sungai Pulau

Titik (%)	Jarak (km)	Perhitungan	Impedansi urutan nol
0%	47	j8.2333+(3x 40) +j76.046 + 17.0657	J84.279 + 137.0657
100%	62	j8.2333+(3 x40) +j100.316 + 22.5122	J108.544 + 142.5122

Perhitungan Nilai Setting OCR Invers dan GFR

Untuk mencari nilai setting arus pada relay arus lebih dibutuhkan data berupa arus beban yang terdapat pada penyulang dan bus serta perbandingan CT yang terdapat pada penyulang diketahui nilai CT yang digunakan sebesar 100/1. Untuk mencari nilai TMS digunakan persamaan (7)

Tabel 21. Nilai setting OCR invers bus Pematang Mas

I_{SET} primer	92.505 A
I_{SET} sekunder	0,92505 A
TMS	0,4364 s

Tabel 22. Nilai setting OCR invers bus Pendamar

I_{SET} primer	44,31 A
I_{SET} sekunder	0,4431 A
TMS	0,3556 s

Tabel 23. Nilai setting OCR invers bus Parit Serong

I_{SET} primer	18,375 A
I_{SET} sekunder	0,18375 A
TMS	0,3755 s

Tabel 24. Nilai setting OCR invers bus Sungai Pulau

I_{SET} primer	12,6 A
I_{SET} sekunder	0,126 A
TMS	0,395 s

Tabel 25. Nilai setting GFR bus Pematang Mas

I_{SET} primer	17,2 A
I_{SET} sekunder	0,172 A
TMS	0,1110 s

Tabel 26. Nilai setting GFR bus Pendamar

I_{SET} primer	14,96 A
I_{SET} sekunder	0,1496 A
TMS	0,1110 s

Tabel 27. Nilai setting GFR bus Parit Serong

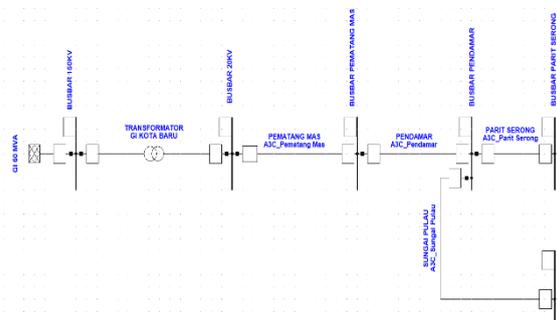
I_{SET} primer	12,16 A
I_{SET} sekunder	0,1216 A
TMS	0,1110 s

Tabel 28. Nilai setting GFR bus Sungai Pulau

I_{SET} primer	12,16 A
I_{SET} sekunder	0,1216 A
TMS	0,1110 s

Simulasi Digsilent Power Factory 15.1

Setelah menyelesaikan perhitungan setting proteksi langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan pada aplikasi Digsilent Power Factory. Pemodelan ini bertujuan untuk menguji hasil perhitungan yang telah dilakukan. Berikut ini gambar single line diagram penyulang Pematang Mas



Gambar 2. Single line diagram simulasi digsilent power factory 15.1

Analisa Setting Setting dengan Simulasi Digsilent Power Factory 15.1

Hasil Perbandingan Perhitungan Gangguan Hubung Singkat Dengan Simulasi.

Tabel 29. Nilai arus gangguan hubung singkat bus Pematang Mas

Jarak	Perhitungan			Simulasi		
	L-G (kA)	L-L (kA)	L-L-L (kA)			
0%	287	8491	9805	288	8182	9448
100%	215	829	957	220	824	952

Tabel 30. Nilai arus gangguan hubung singkat bus Pendamar

Jarak	Perhitungan			Simulasi		
	L-G (kA)	L-L (kA)	L-L-L (kA)			
0%	215	829	957	220	824	952
100%	180	511	590	180	509	588

Tabel 31. Nilai arus gangguan hubung singkat bus Parit Serong

Jarak	Perhitungan			Simulasi		
	L-G (kA)	L-L (kA)	L-L-L (kA)			
0%	180	511	590	180	509	588
100%	152	392	453	155	391	452

Tabel 32. Nilai arus gangguan hubung singkat bus Sungai Pulau

Jarak	Perhitungan			Simulasi		
	L-G (kA)	L-L (kA)	L-L-L (kA)			
0%	180	511	590	180	509	588
100%	152	392	453	155	391	452

Dari hasil perhitungan gangguan hubung singkat diatas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan dengan simulasi *digisilent power factory 15.1* tidak berbedah jauh hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan sudah benar dengan simulasi yang dilakukan. Selanjutnya, diperoleh nilai waktu trip relay dan recloser saat terjadi gangguan hubung singkat.

Tabel 33. Waktu trip L-G relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay
Pematang Mas	0%	0,268s
	100%	0,297s

Tabel 34. Waktu trip L-G antara recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	0,297s
	100%	0,323s
Bus Pendamar	0%	0,281s
	100%	0,305s

Tabel 35. Waktu trip L-G antara recloser bus Parit Serong, recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	0,323s
	100%	0,345s
Bus Pendamar	0%	0,305s
	100%	0,324s
Bus Parit Serong	0%	0,290s

100% 0,307s

Tabel 36. Waktu trip L-G antara recloser bus Sungai Pulau, recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	0,323s
	100%	0,345s
Bus Pendamar	0%	0,305s
	100%	0,324s
Bus Sungai Pulau	0%	0,290s
	100%	0,307s

Tabel 37. Waktu trip L-L relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay
Pematang Mas	0%	0,825s
	100%	1,366s

Tabel 38. Waktu trip L-L recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	1,366s
	100%	1,760s
Bus Pendamar	0%	0,825s
	100%	0,993s

Tabel 39. Waktu trip L-L antara recloser bus Parit Serong, recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	1,760s
	100%	2,088s
Bus Pendamar	0%	0,993s
	100%	1,116s
Bus Parit Serong	0%	0,850s
	100%	0,850s

Tabel 40. Waktu trip L-L antara recloser bus Sungai Pulau, recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	1,760s
	100%	2,088s
Bus Pendamar	0%	0,993s
	100%	1,116s

Bus Sungai	0%	0,896s
Pulau	100%	0,896s

Tabel 41. Waktu trip L-L-L relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay
Pematang Mas	0%	0,989s
	100%	1,280s

Tabel 42. Waktu trip L-L-L antara recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	1,280s
	100%	1,621s
Bus Pendamar	0%	0,805s
	100%	0,936s

Tabel 43. Waktu trip L-L-L antara recloser bus Parit Serong, recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	1,621s
	100%	1,895s
Bus Pendamar	0%	0,936s
	100%	1,045s
Bus Parit Serong	0%	0,850s
	100%	0,855s

Tabel 44. Waktu trip L-L-L antara recloser bus Sungai Pulau, recloser bus Pendamar dan relay bus Pematang Mas

Lokasi	Jarak	Waktu kerja relay dan recloser
Pematang Mas	0%	1,621s
	100%	1,895s
Bus Pendamar	0%	0,936s
	100%	1,045s
Bus Sungai Pulau	0%	0,896s
	100%	0,896s

KESIMPULAN

1. Bahwa keandalan proteksi penyulang Pematang Mas dapat ditingkatkan dengan penambahan recloser pada koordinasi recloser dan relay arus lebih demi menjaga peralatan listrik dan terjadinya pemutusan layanan total pada penyulang Pematang Mas Gardu Induk Kota Baru.
2. Penentuan setting proteksi pada recloser dan relay arus lebih pada penelitian ini dilakukan beberapa langkah. Pertama dengan menghitung impedansi sumber, impedansi trafo, impedansi saluran dan impedansi ekivalen. Selanjutnya menghitung gangguan

- hubung singkat 1 fasa – tanah, 2 fasa – fasa dan 3 fasa – fasa. Langkah terakhir yaitu menghitung setting OCR invers dan GFR pada recloser dan relay arus lebih.
3. Visualisasi setting antara recloser dan relay arus lebih tidak saling berpotongan hal ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan setting recloser dapat berkoordinasi dengan relay arus lebih.
 4. Berdasarkan hasil analisa, hal yang dapat mempengaruhi kinerja dari OCR dan GFR adalah besar gangguan hubung singkat yang terjadi hal ini dipengaruhi oleh jarak terjadinya gangguan seperti yang telah dilakukan pada penelitian ini lokasi terjadi gangguan pada jarak 0% dan 100%, semakin jauh titik gangguan maka semakin kecil arus gangguan yang terjadi begitu pula sebaliknya.
 5. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi gangguan hubung singkat yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan gangguan hubung singkat tidak berbeda jauh dengan nilai hasil yang diperoleh menggunakan simulasi digsilent power factory 15.1 hal ini membuktikan bahwa perhitungan dan simulasi yang dilakukan sudah benar.

Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya agar koordinasi proteksi lebih baik bisa melakukan analisa dengan menggunakan semua jenis alat proteksi yang terdapat pada feeder 20kV seperti Fuse Cut Out (FCO), Sectionaliser (SSO), Load Break Switch (LBS) dan lain sebagainya.
2. Dapat melakukan perhitungan menggunakan software agar mendapatkan hasil perhitungan yang lebih tepat untuk meminimalisir kesalahan.

DAFTAR PUSTAKA

- M. Hidayatullah, “Analisis Koordinasi Proteksi Recloser dan Penyulang Terhadap Arus Hubung Singkat 3 Fasa dan 1 Fasa Pada Penyulang KLS07 Di Gardu Induk Kalisari,” 2021.
- J. Martino, W. Saputro, B. Winardi, and S. Handoko, “ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI RELAY OCR DAN RECLOSER PADA PENYULANG SGN 04 SANGGRAHAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0,” *J. TRANSIET*, vol. 7, no. 2, pp. 1–6, 2018.
- D. T. Nugroho, “ANALISIS KOORDINASI SISTEM PROTEKSI PENYULANG DIENG-2 (DNG02) TERHADAP GANGGUAN ARUS HUBUNG SINGKAT GARDU INDUK DIENG PT PLN (PERSERO) UP3 PURWOKERTO ANALYSIS,” *J. Din. Rekayasa*, vol. 16, no. 1, pp. 69–82, 2020.
- M. I. Aripin, “ANALISIS KOORDINASI SISTEM PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR 60 MVA GARDU INDUK GLUGUR PT. PLN (PERSERO),” *Science (80-.)*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- A. Ramadani, “Analisa Koordinasi Recloser Dan OCR (Over Current Relay) Untuk Hubung Singkat Pada Penyulang 9 Distribusi 20 KV GI BAWEN,” p. 12, 2018.
- G. Dethan, “Analisis Koordinasi Over Current Relay (Ocr) Dan Recloser Pada Penyulang Oebufu Pt.Pln (Persero) Unit Layanan Pelanggan Kupang.” pp. 1–107, 2021.
- I. D. G. Agung Budhi Udiana, I. G. Dyana Arjana, and T. G. Indra Partha, “Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (Gfr) Pada Recloser Di Saluran Penyulang Penebel,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 2017.
- Ario Putra and Firdaus, “Analisa Penggunaan Recloser Untuk Pengaman Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi 20 kv Gardu Induk Garuda Sakti,” *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- M. Firdausi, H. Purnomo, “Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih Dan Penutup Balik Otomatis (Recloser) Pada Penyulang J,” 2015
- D. A. P. Hasugian, “Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Pada Sistem Distribusi PT. PLN (Persero) Kota Subulussalam, Aceh,” *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret201*, pp. 1–63, 2020
- I. W. Sarimun, “Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik.” pp. 1–204, 2016.

PLN, "PLN (1985). SPLN 64: 1985 IMPEDANSI PENGHANTAR AAAC," pp. 1-49, 1985.

D. Adirinarso, "ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER 3 PHASA 20 kV PENYULANG PAJALAU UNTUK PENGAMAN ARUS LEBIH PT. PLN

D. A. Habibullah, "ANALISA KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN GANGGUAN TANAH PADA PENYULANG PARANGTRITIS JURUSAN MUARA KUANG GARDU HUBUNG TANJUNG RAJA," 2022.

R. Andriyan and R. Adzin Murdiantoro, "Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Sistem Distribusi 20 KV Studi Kasus di PT. PLN (Persero) ULP Sidareja," Jeepa, pp. 1-7, 2022.