

Studi Proteksi Setting Arus Lebih pada PLTM Mikrogird Girimukti 20 kV Menggunakan Software ETAP 12.6.0

Endan Budi Permana¹, Yudi Prana Hikmat², Supriyanto^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : endan.budi.tlis18@polban.ac.id

²E-mail : yudipranahikmat@yahoo.com

³E-mail : *supriyanto_suhono@polban.ac.id

*E-mail korespondensi

ABSTRAK

Suatu pembangkit listrik tidak dapat dihindari dari suatu gangguan arus lebih. Maka dari itu suatu pembangkit listrik memerlukan sistem proteksi dimana dengan setting proteksi yang baik dan handal. Terkadang sering terjadi kesalahan pada sistem proteksi yang membuat sistem mati tanpa ada gangguan yang jelas. Tujuan dibuatnya penelitian ini adalah menentukan nilai setting overcurrent relay yang menjadi tujuan utama pada sebuah sistem proteksi. Dimana relay ini dapat mendeteksi gangguan fasa ataupun tanah yang menimbulkan nilai lonjakan arus listrik. Dengan nilai setting relay yang baik koordinasi sistem proteksi akan berjalan baik juga. Metode tahapan proses dapat disimulasikan pada ETAP 12.6.0 dengan membuat Single Line Diagram dari jaringan dari PLTM mikrogird Girimukti 20 kv. Setelah mendapat data kemudian tentukan konfigurasi operasi sistem, karakteristik perangkat proteksi, kurva batas kerusakan thermal untuk kabel, transformator, dan generator. Lakukan simulasi load flow dan short circuit pada ETAP 12.6.0. Kemudian mensimulasikan koordinasi proteksi menggunakan star view analisis di ETAP 12.6.0 apakah koordinasi antar proteksi sudah baik atau masih perlu setting kembali. Saat disimulasikan gangguan koordinasi proteksi sudah baik dengan setting TMS pada overcurrent relay 5 dan 6 yaitu 0,193. Setting TMS overcurrent relay 3 dan 4 yaitu 0,3. Setting TMS overcurrent relay 1 dan 2 yaitu 0,3043.

Kata Kunci

PLTM, Arus lebih, Mikrogird, ETAP 12.6.0

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) merupakan pembangkit yang berskala kecil. Namun, pada PLTM yang memiliki pengontrolan sistem yang begitu kompleks, sama halnya dengan pembangkit listrik yang berskala besar. Pembangkitan energi yang mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik hingga penyaluran energi listrik, semua diatur dalam suatu sistem yang ada di PLTM. Tidak hanya sistem pembangkitan energi, pengaman pada sistem juga adalah sesuatu yang tidak bisa dianggap sepele dalam proses pembangkitan energi. Apabila hal tersebut mengalami gangguan, maka untuk menjaga dan mencegah terjadinya kerusakan diperlukan suatu sistem pengaman. Salah satu komponen untuk mengamankan sebuah sistem di pembangkit adalah rele. Rele merupakan sebuah pengaman yang digunakan untuk mengamankan generator, transformator dan berbagai peralatan lain dalam sebuah pembangkit. Dalam paper ini akan dibahas tentang hubungan rele terhadap kontak CB, hubungan antara rele dengan rele yang lain, suplai yang digunakan oleh rele dan hubungan rele terhadap input sensingnya [4].

Pada sebuah sistem ketenagalistrikan sering mengalami terjadinya gangguan yang menyebabkan pemadaman listrik bahkan hingga terjadi alat-alat kelistrikan yang mengalami kerusakan. Hal ini dapat terjadi di bagian

mana saja misalnya jaringan distribusi tenaga listrik. Gangguan ini bisa disebabkan oleh binatang, sambaran petir bahkan setting dari sistem proteksi yang salah. Kesalahan pada sistem proteksi biasanya disebabkan oleh adanya dua jaringan yang berbeda karakteristik bebannya. Misalnya sebuah pembangkit listrik yang mendistribusikan aliran listrik ke jaringan PLN dan jaringan milik perusahaan itu sendiri. Dalam hal ini bisa saja terjadi perbedaan nilai setting Overcurrent relay sebagai salah satu proteksi antara jaringan PLN dan milik perusahaan. Sehingga saat ada perubahan nilai beban menyebabkan sistem proteksi aktif dan mendeteksi kenaikan beban yang juga menaikkan nilai arus sebagai gangguan. Maka jaringan distribusi akan otomatis mati [3].

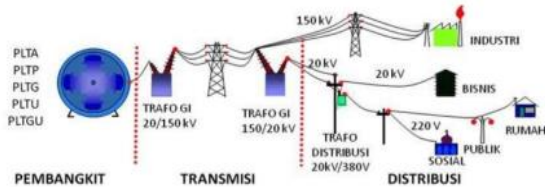
Jika sistem semakin besar maka potensi gangguannya juga semakin besar. Besarnya arus jika tidak segera mencegahnya maka arus gangguan tersebut akan merusak peralatan yang dilalui oleh arus. Untuk melepas atau mencegah daerah yang mengalami terjadinya gangguan diperlukan suatu sistem pengaman yang dapat melepaskan suatu sistem yang terganggu, sehingga arus gangguan ini akan hilang. Hal yang dapat dilakukan untuk sistem tenaga listrik supaya bisa handal yaitu dengan melakukan perhitungan, penyetingan pada sistem proteksi dan koordinasi rele pengamannya [1].

Pada penelitian ini penulis mengambil judul “Studi Proteksi Setting Arus Lebih Pada PLTM Mikrogird Girimukti 20 kV Menggunakan Software ETAP 12.6.0”, yang mampu menghitung dan mensimulasikan gangguan yang terjadi dalam sistem proteksi yang digunakan untuk mencari setting dan dapat lebih mengoptimalkan kordinasi proteksi arus lebih pada PLTM mikrogird 20 kV Girimukti.

2. TINJAU PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang membangkitkan, mengatur, menyalurkan, mendistribusikan dan akhirnya digunakan memanfaatkan tenaga listrik. Secara garis besar sistem ketenagalistrikan memiliki lima sistem utama yaitu pembangkit listrik, transmisi line, gardu induk, distribusi dan pemanfaatan [5]. Secara umum sistem ketenagalistrikan dapat dilihat pad Gambar 1.

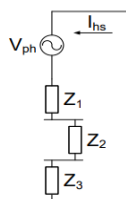


Gambar 1. Sistem Ketenagalistrikan

2.2 Jenis Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

2.2.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Hubung singkat satu fasa ke tanah yaitu jalur konduktif yang disengaja atau tidak dalam sistem netral yang dibumikan dengan impedansi antara salah satu sirkuit konduktor dan ground. Persamaan rumus untuk menentukan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dapat ditentukan dengan persamaan 1 [8].



Gambar 2. Hubungan Jala-Jala Urutan Untuk Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

$$I''K1 = \frac{\sqrt{3} \times c \times Vn}{Zk1 + Zk2 + Zk0} \quad (1)$$

Dimana :

$I''K1$ = Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (A)

c = Faktor tegangan

Vn = Tegangan di titik gangguan (V)

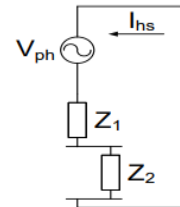
$Zk1$ = Impedansi ekivalen urutan positif (Ω)

$Zk2$ = Impedansi ekivalen urutan negatif (Ω)

$Zk3$ = Impedansi ekivalen urutan nol (Ω)

2.2.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

Hubung singkat dua fasa ke tanah yaitu jalur konduktif yang disengaja atau tidak dalam sistem netral yang dibumikan dengan impedansi antara kedua sirkuit konduktor dan ground. Persamaan rumus untuk menentukan arus hubung singkat dua fasa dapat ditentukan dengan persamaan 2 [8].

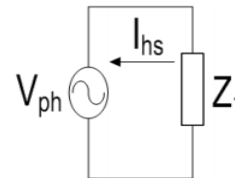


Gambar 3. Hubungan Jala-Jala Urutan Untuk gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

$$I''K2 = \frac{\sqrt{3} \times c \times Vn}{Zk1 + Zk2} \quad (2)$$

2.2.3 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Gangguan yang terjadi pada semua fasanya yang menyebabkan arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah terjadi gangguan. Persamaan rumus untuk menentukan arus hubung singkat tiga fasa dapat ditentukan dengan persamaan 3 [8].



Gambar 4. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

$$I''K3 = \frac{c \times Vn}{\sqrt{3} \times Zk} \quad (3)$$

2.3 Perhitungan Impedansi

2.3.1 Impedansi Sumber

Faktor yang mempengaruhi besar impedansi penyulang yaitu tergantung impedansi transformator, dan besar impedansi transformator tergantung impedansi sumber. Untuk mengetahui impedansi sumber bisa dicari dengan persamaan 4 dan 5.

$$Xs \text{ (sisi 6,3 kV)} = \frac{kV^2(\text{sisiprimer})}{MVA \text{ (bus sisi primer)}} \quad (4)$$

$$Xs \text{ (sisi 20 kV)} = \frac{kV^2(\text{sekunder})}{kV^2(\text{primer})} \times Xs(\text{primer}) \quad (5)$$

2.3.2 Impedansi Transformator

Impedansi transformator biasanya ditulis menggunakan persen. Besar nilai impedansi transformator pada sisi sekunder bisa menggunakan persamaan 6 dan 7.

$$X_t \text{ (pada 100\%)} = \frac{kV^2(\text{sekunder})}{\text{MVA trafo}} \quad (6)$$

$$X_{t1} = \frac{kV^2(\text{sekunder})}{\text{MVA trafo}} \times \% \text{reaktansi} \quad (7)$$

2.3.3 Impedansi Penyulang

Untuk mengetahui impedansi pada penyulang kita bisa menggunakan persamaan 8 untuk urutan positif dan negatif sedangkan untuk urutan nol kita bisa menggunakan persamaan 9.

$$Z_{1\text{penyulang}} = (R_1 + X_1) \times L \quad (8)$$

$$Z_{0\text{penyulang}} = (R_0 + X_0) \times L \quad (9)$$

2.3.4 Impedansi Ekuivalen Jaringan

Impedansi ekuivalen jaringan positif dan negatif dapat dihitung dengan persamaan 10 sedangkan impedansi ekuivalen urutan nol dapat menggunakan persamaan 11.

$$Z_{eq1} = Z_{eq2} = Z_1 + Z_{t1} + Z_{s1} \quad (10)$$

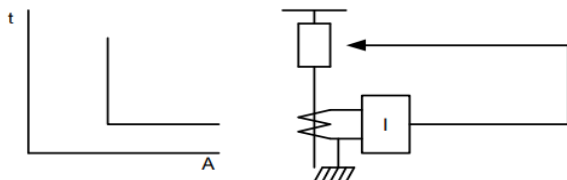
$$Z_{eq0} = Z_0 + Z_{t1} + Z_{s1} \quad (11)$$

2.4 Relay Arus Lebih (Overcurrent relay)

Relay arus lebih atau Overcurrent Relay merupakan sistem proteksi yang bekerja untuk mendeteksi arus lebih yang terjadi antara fasa. Apabila nilai arus melebihi batas setpoint maka relai akan mengirimkan sinyal ke PMT untuk memutuskan jaringan [3].

2.4.1 Relay arus lebih waktu seketika (Instantaneous)

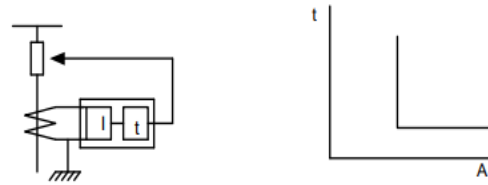
Relay yang bekerja seketika dan sangat cepat apabila nilai arus yang mengalir melebihi nilai settingnya. Maka relai akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10 – 20 ms). [3].



Gambar 5. Karakteristik rele arus lebih waktu seketika (Instantaneous)

2.4.2 Relai arus lebih waktu tertentu (definite time)

Relai ini akan memberikan perintah pada PMT ketika terjadi *short circuit* dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja relai dari pick up sampai kerja relai ditambah dengan waktu tertentu [3].



Gambar 6. Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (Definite time)

2.4.3 Relai arus lebih terbalik (Inverse)

Relai ini bekerja dengan waktu tunda yang bergantung pada besarnya arus secara terbalik (inverse time), makin besar arus maka semakin kecil juga waktu tundanya. Dapat dilihat dari karakteristik waktunya dapat dikelompokkan menjadi empat : [3]

$$a. \text{ Standard inverse } t = \frac{0.14}{(10.02^I - 1)} \quad (12)$$

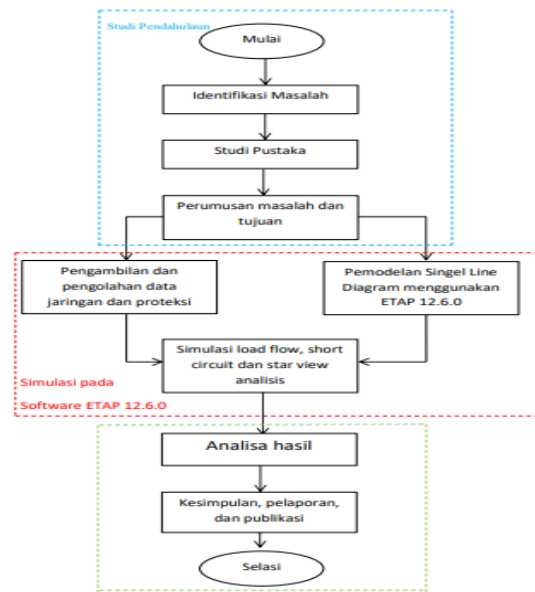
$$b. \text{ Verry inverse } t = \frac{0.13}{(I - 1)} \quad (13)$$

$$c. \text{ Extremely inverse } t = \frac{80}{(I^2 - 1)} \quad (14)$$

$$d. \text{ Long inverse } t = \frac{120}{(I - 1)} \quad (15)$$

3. DISKUSI DAN PEMBAHASAN

3.1 Urutan Metode Penelitian

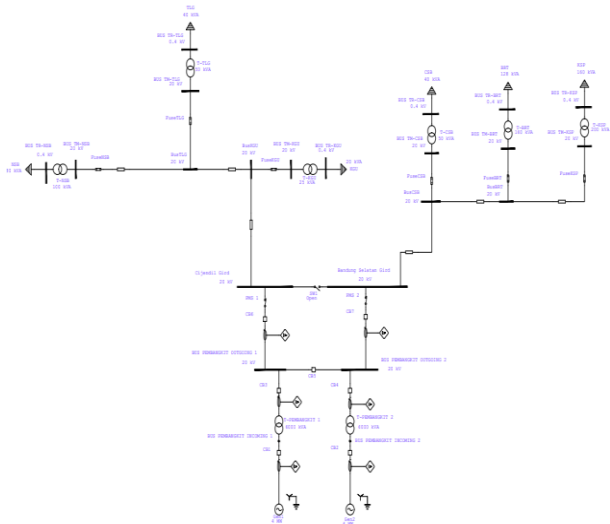


Gambar 7. Diagram Alir

Pada gambar 7 menjelaskan tahapan proses pengolahan data yang kamu usulkan terdiri atas Sembilan yaitu, pertama pemodelan single line diagram pada PLTM mikro gird Girimukti 20 kv serta perangkat proteksi yang di pakai yaitu Relay proteksi Overcurrent relay (OCR). Kedua tentukan konfigurasi operasi sistem yaitu normal tanpa gangguan, temporary gangguan sesaat, dan emergency gangguan patal. Ketiga tentukan karakteristik perangkat proteksi pada pemodelan single line diagram sistem. Keempat kumpulkan dan tentukan batas damage curve thermal dari cable, transformator,

dan generator. Kelima melakukan simulasi load flow analisis untuk sistem menggunakan software ETAP 12.6.0. Keenam melakukan simulasi short circuit analisis untuk sistem menggunakan software ETAP 12.6.0. Ketujuh melakukan analisis berdasarkan data setting proteksi arus lebih pada PLTM mikro gird Girimukti 20 kv . Kedelapan analisis kordinasi proteksi dengan menu star view analisis pada ETAP 12.6.0.

3.2 Pemodelan Single Line Diagram PLTM Mikrogird Girimukti 20 kV



Gambar 8. Pemodelan Single Line Diagram PLTM Mikrogird Girimukti 20 kV

3.3 Analisa Aliran Daya Pada Sistem Ketenagalistrikan PLTM Mikrogird Girimukti 20 kV

Tabel 1. Data Aliran Daya Pada PLTM Girimukti

No.	Nama	Tegangan (kV)	Arus (A)	Faktor Daya (%)	P (kW)
1.	Bus TM-BRT	20 kV	3,8 A	79,3	105 kW
2.	Bus TM-KGU	20 kV	0,6 A	79,3	16 kW

3.4 Analisa Hubung Singkat Pada Sistem Ketenagalistrikan PLTM Mikrogird Girimukti 20 kV

Tabel 2. Hasil Simulasi Hubung Singkat Tiga Fasa

No.	Nama	Ia (kA)	Ib (kA)	Ic (kA)
1.	Bus TM-BRT	0,752	0,752	0,752
2.	Bus TM-KGU	1,166	1,166	1,166

3.5 Impedansi Penyulang

Tabel 3. Hasil Perhitungan Impedansi Penyulang

No.	Nama	Jarak (Km)	Impedansi urutan positif dan negatif	Impedansi urutan nol
1.	Penyulang KGU	2,5	0,447+0,401 j	0,834 + 1,767 j
2.	Penyulang BRT	10	1,789+1,607 j	3,336 + 7,069 j

3.6 Impedansi Ekvivalen Jaringan

Tabel 4. Impedansi Ekvivalen Jaringan Urutan Positif, Negatif, dan Nol

No	Nama	Jarak (Km)	Impedansi Ekvivalen Jaringan urutan positif dan negative (Zeq1)	Impedansi Ekvivalen Jaringan urutan nol (Zeq0)
1.	Penyulang KGU	2,5	0,447 + 7,301 j	0,834 + 8,667 j
2.	Penyulang BRT	10	1,789 + 1,607 j	3,336 + 13,969 j

3.7 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

$$I_{hs\ 3\phi} = \frac{V_{pu}}{Z_{eq1}}$$

$$I_{hs\ 3\phi} = \frac{1}{0,447+7,301\ j}$$

$$I_{hs\ 3\phi} = 0,00136 < -86,495$$

$$I_{hs\ 3\phi} = 0,00136 \times 458,2$$

$$I_{hs\ 3\phi} = 0,623\ kA$$

Tabel 5. Perbandingan Simulasi dan Perhitungan

Jenis Gangguan Arus Hubung Singkat	Bus TM-KGU	
	Hasil Simulasi ETAP	Hasil Perhitungan
Tigas Fasa (kA)	1,166 kA	0,623 kA

3.8 Menentukan Setting Overcurrent Relay (OCR)

$$I_{set(min)} = \frac{K_f}{K_d} \times I_{max} \quad I_{set(min)} = \frac{K_f}{K_d} \times I_{max}$$

$$I_{set(min)} = \frac{1,1}{1} \times 549,9\ A \quad I_{set(min)} = \frac{1,1}{1} \times 173,2\ A$$

$$I_{set(min)} = 604,89\ A \quad I_{set(min)} = 190,52\ A$$

$$I_{set(CT)} = \frac{I_{set(min)}}{I_{sekunder\ Iprimer}} \quad I_{set(CT)} = \frac{I_{set(min)}}{I_{sekunder\ Iprimer}}$$

$$I_{set(CT)} = \frac{604,89}{5} \quad I_{set(CT)} = \frac{190,52}{5}$$

$$I_{set(CT)} = 5,040\ A \quad I_{set(CT)} = 4,763\ A$$

$$OCR = \frac{5,040}{5} \times I_n = 1,008\ I_n \quad OCR = \frac{4,763}{5} \times I_n = 0,952\ I_n$$

Untuk menentukan setting TMS kita bisa menggunakan rumus 12 karena kita memakai standart inverse dan waktu kerja relay 5 dan 6 yang ditetapkan tidak kurang dari 0,5 detik, untuk relay 4 dan 3 tidak kurang 0,8, untuk relay 1 dan 2 tidak kurang 1,4. Misal kita ambil arus gangguan 3 fasa terbesar 2,647 kA.

$$t = \frac{0.14}{(10,02^{-1})}$$

$$t = \frac{0.14}{(10,02^{-1})}$$

$$0,5 = \frac{0.14 \times TMS}{\left(\frac{2647}{190,52}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,8 = \frac{0.14 \times TMS}{\left(\frac{2647}{190,52}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,5 = Tms \times 2,590$$

$$0,8 = Tms \times 2,590$$

$$TMS = \frac{0,5}{2,590}$$

$$TMS = \frac{0,8}{2,590}$$

$$TMS = 0,193$$

$$TMS = 0,30$$

$$t = \frac{0.14}{(10,02^{-1})}$$

$$1,4 = \frac{0.14 \times TMS}{\left(\frac{2647}{604,89}\right)^{0,02} - 1}$$

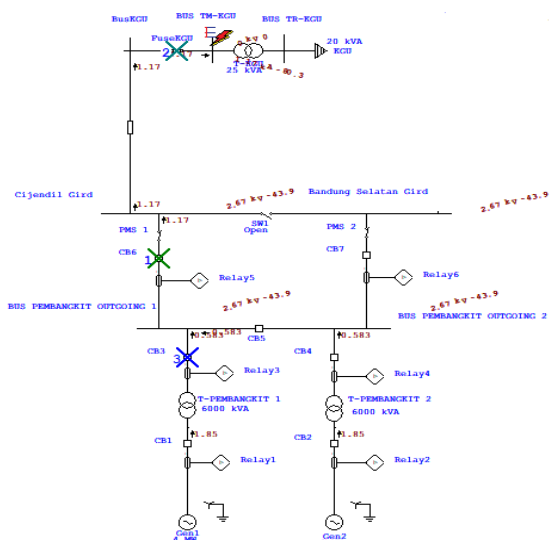
$$1,4 = Tms \times 4,672$$

$$TMS = \frac{1,4}{4,672}$$

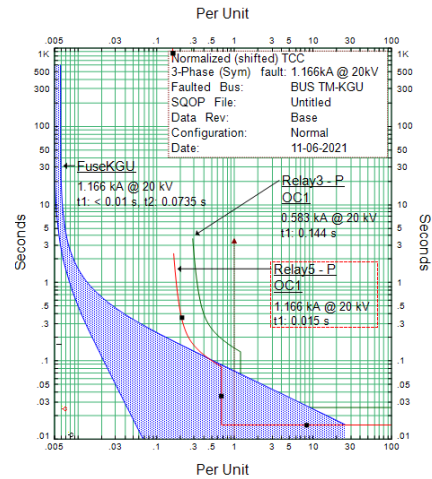
$$TMS = 0,3043$$

3.9 Analisa Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Tipikal 1

Dengan mensimulasikan gangguan hubung singkat tiga fasa *star protective device coordination* di Bus TM-KGU dan analisis kurva waktu-arus tipikal 1 dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Simulasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa di Bus TM-KGU Tipikal 1

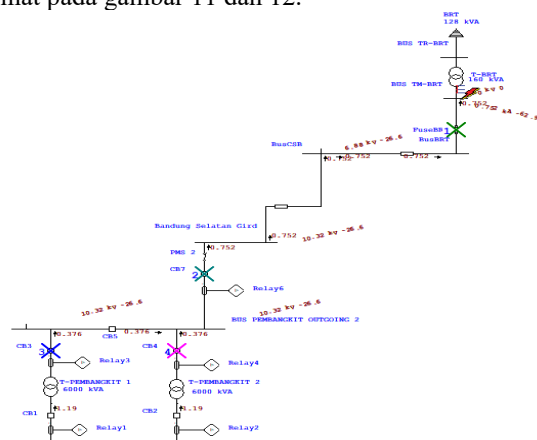


Gambar 10. Hasil Grafik Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Tipikal 1

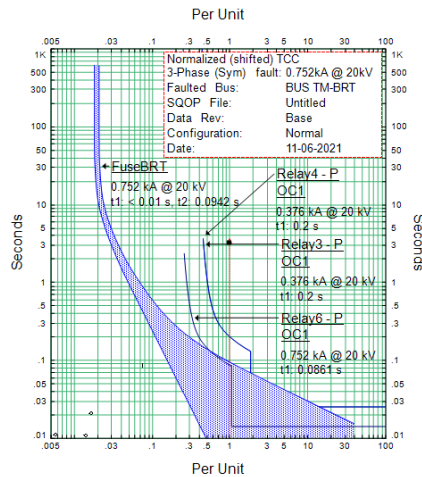
Pada gambar 10 saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada Bus TM-KGU sebesar 1,166 kA, peralatan proteksi yang dikoordinasikan yaitu Fuse KGU, overcurrent relay 3, overcurrent relay 5. Saat mensimulasikan gangguan hubung singkat 3 fasa peralatan proteksi yang pertama bekerja yaitu overcurrent relay 5 instantaneous 50 dengan waktu 15 ms, kemudian yang kedua bekerja Fuse KGU dengan waktu pemutusan 73,5 ms, dan yang terakhir yaitu overcurrent relay 3 inverse 51 pada sisi bus outgoing pembangkit 1 dengan waktu kerja 144 ms. Bisa dilihat bahwa koordinasi proteksi arus lebih ketika terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada Bus TM-KGU sudah berjalan dengan baik karena bisa saling membackup ketika terjadi kegagalan.

3.10 Analisa Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Tipikal 2

Dengan mensimulasikan gangguan hubung singkat tiga fasa *star protective device coordination* di Bus TM-BRT dan analisis kurva waktu-arus tipikal 5 dapat dilihat pada gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Simulasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa di Bus TM-BRT Tipikal 2



Gambar 12. Hasil Grafik Koordinasi Proteksi Arus Lebih Pada Tipikal 5

Pada gambar 12 saat terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada Bus TM-BRT sebesar 0,752 kA, peralatan proteksi yang dikoordinasikan yaitu Fuse BRT, overcurrent relay 6, overcurrent relay 4, dan overcurrent relay 3. Saat mensimulasikan gangguan hubung singkat 3 fasa peralatan proteksi yang pertama bekerja yaitu overcurrent relay 6 dimana garis gangguan pertama menyentuh yaitu pada relay 6 dengan waktu kerja 86,1 ms, namun untuk memutus CB 7 membutuhkan waktu 10 ms dari 86,1 ms jadi 96,1 ms. Jadi peralatan proteksi yang pertama memutus jaringan yaitu Fuse BRT dengan waktu pemutusan 94,2 ms, kemudian selanjutnya kedua overcurrent relay 6 dengan memutus CB 7 waktu pemutusan 96,1 ms, selanjutnya yang ketiga bekerja yaitu overcurrent relay 3 memutus CB 3 dan overcurrent relay 4 CB 4 dengan waktu pemutusan 200 ms ditambah 10 ms. Dapat dilihat bahwa koordinasi proteksi arus lebih sudah berjalan dengan baik karena sudah bisa mengamankan dari arus gangguan dan ketika terjadi kegagalan peralatan proteksi lain bisa membackup nya.

3.11 Hasil Waktu Pemutusan Peralatan Proteksi Arus Lebih dan Waktu Kerja Overcurrent Relay

Tabel 6. Hasil Waktu Pemutusan Peralatan Proteksi Arus Lebih Simulasi Pada ETAP 12.6.0

Nama Peralatan	Panjang Penyulang (Km)	Waktu Kerja (ms)	Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa (kA)	Studi Titik Gangguan
Overcurrent Relay 5	2,5 Km	15 ms	1,166 kA	Bus TM-KGU
Fuse KGU	2,5 Km	73,5 ms	1,166 kA	Bus TM-KGU
Overcurrent Relay 3	2,5 Km	157 ms	0,583 kA	Bus TM-KGU
Overcurrent Relay 6	10 Km	86,1 ms	0,752 kA	Bus TM-BRT
Fuse BRT	10 Km	94,2 ms	0,752 kA	Bus TM-BRT
Overcurrent Relay 3	10 Km	228 ms	0,376 kA	Bus TM-BRT
Overcurrent Relay 4	10 Km	228 ms	0,376 kA	Bus TM-BRT

4. KESIMPULAN

Semakin dekat panjang penyulang dengan sumber arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada bus tegangan menengah semakin besar sedangkan semakin bertambah panjang penyulang arus gangguan mengalami penurunan. Simulasi software ETAP 12.6.0 arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada Bus TM-KGU dengan panjang penyulang 2,5 km sebesar 1,166 kA sedangkan pada Bus TM-BRT dengan panjang penyulang 10 Km sebesar 0,752 kA.

Dapat dilihat pada gambar grafik bahwa ketika terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa proteksi arus lebih pada PLTM sudah berkoordinasi dengan baik, hal tersebut dikarenakan setting proteksi arus lebih sudah baik dengan hitungan arus maksimal pada sisi primer 549,9 A dan arus maksimal sisi sekunder 173,2 A. kemudian setting pada overcurrent relay 1 dan overcurrent 2 yaitu 1,008 In, sedangkan untuk overcurrent relay 3, 4, 5, dan 6 yaitu 0,952 In.

Setting TMS pada overcurrent relay 5 dan 6 yaitu 0,193. Dan untuk setting TMS overcurrent relay 3 dan 4 yaitu 0,3. Dan untuk setting TMS overcurrent relay 1 dan 2 yaitu 0,3043.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada P3M Politeknik Negeri Bandung atas dukungannya melalui Skema Penelitian Mandiri dengan Nomor Kontrak 105.18/PL1.R7/PG.00.03/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nursalim, Agusthinus.S. Sampeallo, Ahieser . P.L. Willi, "Analisis Koordinasi Dan Setting Over Current Relay (OCR) Pada Pemakaian Daya Sendiri PLTU SMS Energy Menggunakan Software ETAP 12.6.0," Jurnal Media Elektro, Vol. VIII, No. 2, pp. 100-109, Nov. 2018.
- [2] Pafela. Engla. Eddi Hamdani, "Studi Penyetelan Relay Arus Lebih (OCR) Pada Gardu Induk Teluk Lembu Pekanbaru," Jom FTEKNIK, Vol. 4, No. 1, pp. 1-17, Feb. 2017
- [3] Refhan. M. Naparin, "Analisa Kordinasi Proteksi Overcurrent Relay Pada Jaringan Distribusi 70 kV PT Makmur Sejahtera Wisesa".SKRIPSI Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, pp. 1-31. 2018, <https://ami.uii.ac.id/handle/123456789/12603>
- [4] Eko. Teguh. Prasetyo, Zulkarnaen, Pane, "Studi Proteksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Silau 2 Tonduhan Kabupaten Simalungun".SINGUDA ENSIKOM, Vol. 2, No. 3, pp. 113-118, Juni. 2013.
- [5] Iriando. Geddy. Rizky. Ahmad Imam Agung. "Studi Koordinasi Sistem Proteksi Pada Transformator 20 kV Di Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Bandilan," Jurnal Teknik Elektro. Vol. 08, No. 03, pp. 611-618, 2019.

- [6] Sunarto. *Proteksi Sistem Tenaga*. Bandung : Politeknik Negeri Bandung, 2010.
- [7] Wibowo. Ratno, Dkk, "*Buku 1 Kriteria Disain Enjineriing Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*". Edisi 1, Jakarta Selatan : PT PLN (PERSERO), 2010.
- [8] Akmal. Ali, Ketut. Abimanyu, "*Studi Penyetelan Relay Arus Lebih Dan Relay Hubung Tanah Penyulang Timor 4 Pada Gardu Induk*". JURNAL INFOTRONIK, Vol. 2, No. 1, pp. 34-43, Juni. 2017.