

# Analisis Koordinasi Recloser Dan Fco (*Fuse Cut Out*) Pada Feeder Express Mangkutana Out Kalaena PT. PLN (Persero) ULP Tomoni

Nurfadilla Arif <sup>1)</sup>, Aksan <sup>2)</sup>, Hamdani <sup>3)</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang  
<sup>1</sup> [Nurfadillaarif8@gmail.com](mailto:Nurfadillaarif8@gmail.com)  
<sup>2</sup> [aksansubarjo@gmail.com](mailto:aksansubarjo@gmail.com)  
<sup>3</sup> [hamdani.pnup@gmail.com](mailto:hamdani.pnup@gmail.com)

## Abstrak

Gangguan hubung singkat (*short circuit*) merupakan salah satu gangguan yang seringkali terjadi pada jaringan distribusi 20kV, untuk itu diperlukan suatu sistem proteksi dengan koordinasi yang sesuai dengan standard sehingga keandalan sistem dalam menyalurkan listrik ke konsumen tetap terjamin. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui baik tidaknya koordinasi antara *recloser* dan FCO. Analisis dilakukan dengan menghitung *setting* usulan untuk masing – masing peralatan proteksi. Setelah itu dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 dengan mengasumsikan gangguan hubung singkat yang terjadi pada saluran cabang maupun saluran utama pada titik tertentu, hal ini dilakukan untuk membandingkan antara *setting* eksisting (PLN) dengan *setting* usulan. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa koordinasi sistem proteksi pada *out* Kalaena masih kurang baik diakibatkan ketidaksesuaian *setting* pada peralatan proteksi yang digunakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan *resetting* sehingga kemungkinan *overlap* tidak terjadi dan *zona* padam dapat diminimalisir sekecil mungkin. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan *setting* usulan *fuselink* FCO = 5A, pada *recloser* TMS OCR = 0,07 dan TMS GFR = 0,12 dengan Iset OCR = 180 A dan Iset GFR = 15 A. Untuk *Setting* pada Relay GH Tomoni hasil perhitungan TMS OCR = 0,10 dan TMS GFR = 0,22 dengan Iset OCR = 360 A dan Iset GFR = 30 A.

**Keywords:** Koordinasi, Recloser, Fuse Cut Out, ETAP 12.6.0

## I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik yang mana berfungsi untuk menyalurkan energi listrik ke konsumen. Dalam pendistribusian tenaga listrik sering sekali terjadi gangguan sehingga dibutuhkan suatu sistem proteksi untuk melindungi dan mengamankan peralatan pada sistem tenaga listrik.

Gangguan hubung singkat (*short circuit*) merupakan salah satu kendala yang sering terjadi pada jaringan distribusi 20 kV, seperti halnya yang terjadi pada *Out* Kalaena tertanggal 22 September 2020 tepatnya di Desa Sendu Agung dimana terdapat ular melintang pada saluran jaringan sehingga menyebabkan terjadinya *short circuit*. *Out* Kalaena merupakan keluaran *Feeder Express* Mangkutana yang disuplai oleh 2 sumber yakni GI Wotu dan PLTMH Saluanoa yang saling sinkron. Oleh karena itu, untuk menghindari kemungkinan terjadinya gangguan pada jaringan, diperlukan suatu pengamanan yang dapat mengamankan sistem pada kedua sisi sumber tersebut. Pengaman yang terpasang pada *Out* Kalaena terdiri dari *Recloser* (saluran utama) dan FCO (*Fuse Cut Out*) (saluran percabangan).

Pengaman- pengaman tersebut tentunya harus memiliki koordinasi yang baik sehingga apabila terjadi gangguan yang bersifat permanen pada saluran percabangan, maka FCO (pengaman saluran

percabangan) yang harus dapat mengisolir wilayahnya dan tidak menyebabkan bekerjanya alat proteksi pada saluran utama (*Recloser*) sampai kondisi *lock out*. Dengan demikian, wilayah padam akibat gangguan dapat menjadi sekecil mungkin. Untuk mengetahui apakah koordinasi antar alat proteksi pada sistem tenaga listrik sudah baik atau belum, perlu dilakukan pengujian dengan simulasi menggunakan suatu aplikasi, salah satunya yaitu ETAP 12.6.0.

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Sistem Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen [1]. Sistem pembangkit (*generation plant*) adalah satu atau lebih unit pembangkit yang akan mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik dimana harus menghasilkan daya listrik yang cukup sesuai kebutuhan konsumen. Sistem transmisi berfungsi mentransfer energi listrik dari unit-unit pembangkitan di berbagai lokasi dengan jarak yang jauh ke sistem distribusi, sedangkan sistem distribusi berfungsi untuk menghantarkan energi listrik ke konsumen [2].

### B. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi

Sistem proteksi tenaga listrik adalah suatu sistem proteksi yang dipasang pada sebuah peralatan-peralatan listrik suatu sistem tenaga listrik, misalnya motor generator, transformator, jaringan dan lain-lain untuk melindungi peralatan dari kondisi *abnormal* sistem itu sendiri. *Abnormal* yang dimaksud ini dapat berupa hubung singkat, tegangan lebih, frekuensi sistem rendah, *asinkron* dan lain-lain [3]. Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan suatu sistem proteksi. Salah satu komponen yang penting untuk pengamanan tenaga listrik adalah *Relay* proteksi (*Protective Relay*).

### C. Gangguan Hubung Singkat

Berdasarkan PUIL 2011, “Arus hubung singkat adalah arus lebih yang di akibatkan oleh gangguan impedansi yang sangat kecil mendekati nol antara dua penghantar aktif dalam kondisi operasi normal berbeda potensialnya”. Gangguan hubung singkat, dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau 1 fasa ketanah dan sifatnya bisa temporer atau permanen.

Gangguan yang mengakibatkan hubung singkat dapat menimbulkan arus yang jauh lebih besar dari pada arus normal. Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung dengan lama pada suatu sistem daya, banyak pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan yang dapat terjadi[4]

### D. FCO (Fuse Cut Out)

*Fuse Cut Out* (FCO) adalah sebuah alat pemutus rangkaian listrik yang berbeban pada jaringan distribusi yang bekerja dengan cara meleburkan bagian dari komponennya (*fuse link*) yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam waktu yang cukup.

### E. Recloser

*Recloser* adalah rangkaian listrik yang terdiri pemutus tenaga yang dilengkapi kotak kontrol elektronik (*Electronic Control Box*) *recloser*, yaitu suatu peralatan elektronik sebagai kelengkapan *recloser* dimana peralatan ini tidak berhubungan dengan tegangan menengah dan pada peralatan ini *recloser* dapat dikendalikan cara pelepasannya. Dari dalam kotak kontrol inilah pengaturan (*setting*) *recloser* dapat ditentukan[5]. Pengindera pada *recloser* adalah:

#### 1. Over Current Relay (OCR)

Rele arus lebih merupakan pengamanan utama untuk sistem distribusi tegangan menengah terhadap gangguan hubung singkat antar fasa. Rele arus lebih adalah rele yang bekerja terhadap arus lebih, rele akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai *setting* (*I set*)[6]. Arus *setting* untuk OCR baik pada sisi primer maupun sisi sekunder menggunakan standar *inverse* yaitu:

$$Iset\ primer = 1,2 \times I_{nominal} \quad (1)$$

(Putra Ario, Firdaus, 2017)

Untuk menghitung arus *Setting* sekunder adalah sebagai berikut:

$$Iset\ sekunder = I_p \times \frac{1}{ratio\ CT} \quad (2)$$

(Putra Ario, Firdaus, 2017)

Sedangkan *setting* TMS standar *inverse* menggunakan persamaan :

$$TMS = t \times \frac{\left\{ \left( \frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{\beta} \quad (3)$$

(Putra Ario, Firdaus, 2017)

#### 2. Ground Fault Relay (GFR)

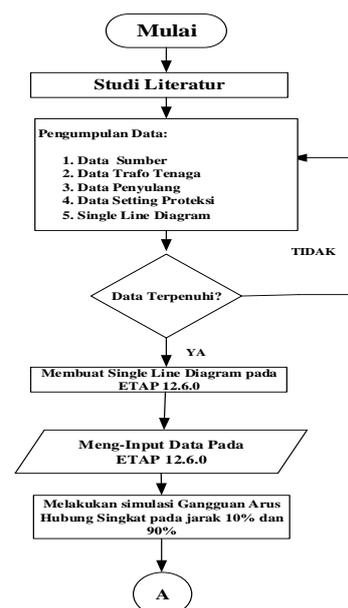
Relai gangguan tanah yang lebih dikenal dengan GFR (*ground fault relai*) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan relai arus lebih, namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila relai OCR mendeteksi adanya hubung singkat antara fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah. Relai ini akan efektif apabila digunakan pada sistem tenaga listrik dengan pentanahan netral dengan resistansi rendah. Berikut rumus untuk mencari arus *Setting* GFR:

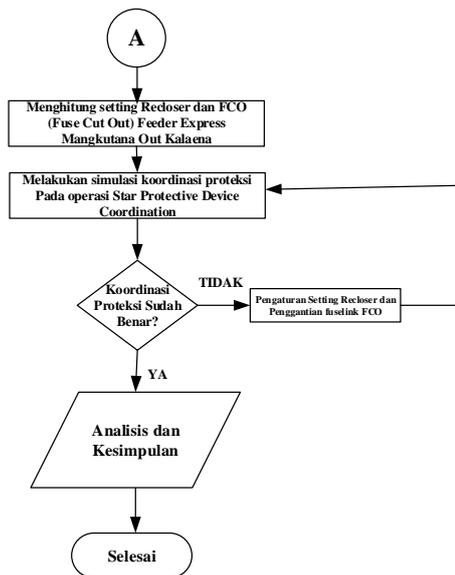
$$Iset\ primer = 10\% \times I_{nominal} \quad (4)$$

(Arrazzaq, Alimulghaibi. 2020)

$$TMS = t \times \frac{\left\{ \left( \frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{\beta} = 0,5 \times \frac{\left\{ \left( \frac{I_{fault\ max}}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \quad (5)$$

## III. METODE PENELITIAN





Gambar 1. Flowchart penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini difokuskan terhadap kasus kegagalan proteksi antara *Recloser* Margolemo dan FCO Teromu yang terjadi di *Feeder Express Mangkutana Out Kalaena*. Perhitungan arus gangguan hubung singkat dilakukan untuk dapat menghitung *setting* relai sehingga dapat dibandingkan koordinasi proteksi antara *setting* eksisting dan *setting* berdasarkan hasil perhitungan.

##### A. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Langkah – langkah dalam menghitung besar arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada *Feeder Express Mangkutana Out Kalaena*:

1. Menghitung besar Impedansi Sumber
2. Menghitung besar Reaktansi Trafo Tenaga
3. Menghitung besar Impedansi Penyulang berdasarkan titik gangguan yang telah ditentukan (10% dan 90%)
4. Menghitung Impedansi Ekuivalen
5. Menghitung Arus Hubung Singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa.

Perbandingan besar arus hubung singkat 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa berdasarkan titik gangguan (10% dan 90%) berikut dibawah ini :

Tabel 1. Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat

Panjang penyulang (%)	Jarak (Kms)	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 fasa	2 fasa	1 fasa ke tanah
10	2.914	3599.168	3113.87	296.01
90	26.226	979.574	847.42	268.87

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 2. Nilai arus hubung singkat hasil Simulasi pada ETAP 12.6.0

Panjang penyulang (%)	Jarak (Km)	Arus Hubung Singkat (A)		
		3 fasa	2 fasa	1 fasa ke tanah
10	2.914	2470 A	2142 A	1024 A
90	26.226	1052A	911 A	414 A

Sumber: ETAP 12.6.0

Dapat dilihat bahwa besarnya arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak titik gangguannya, dimana semakin jauh jarak gangguan maka akan semakin kecil besar arus gangguan hubung singkatnya dan begitu juga sebaliknya. Hal tersebut disebabkan karena nilai impedansi ekuivalen (tahanan gangguan) berbanding terbalik dengan nilai arus hubung singkat.

##### B. Perhitungan Setting Usulan

Hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat selanjutnya digunakan untuk menentukan *setting* arus OCR serta GFR pada *outgoing* dan *recloser* terutama nilai setelah *Time Multiple Setting (TMS)*.

##### 1. Setting Usulan Recloser

Untuk menghitung arus *setting recloser (OCR)* maka dapat menggunakan persamaan (17) dengan besar  $I_{nominal} = 150 \text{ A}$ .

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer (Recloser)}} &= 1,2 \times I_n \\ &= 12 \times 150 \text{ A} \\ &= 180 \text{ A} \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai *setting TMS* maka menggunakan persamaan pada tabel 2.5 untuk kurva *standard inverse*. Arus hubung singkat 3 fasa yang digunakan adalah  $I_{3Fasa \text{ maksimum}}$  pada jarak 90% panjang penyulang sebesar 979 A.

$$\begin{aligned} TMS (\text{Recloser}) &= t \times \frac{\left\{ \left( \frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,3 \times \frac{\left\{ \left( \frac{979}{180} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,3 \times \frac{0,034}{0,14} = 0,07 \end{aligned}$$

Untuk menghitung arus *setting recloser (GFR)* maka dapat menggunakan persamaan (20) dengan besar  $I_{nominal} = 150 \text{ A}$ .

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer (Recloser)}} &= 10\% \times I_n \\ &= 10\% \times 150 \text{ A} \\ &= 15 \text{ A} \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai *setting* TMS maka menggunakan persamaan pada tabel 2.5 untuk kurva *standard inverse*. Arus hubung singkat 1 fasa yang digunakan adalah  $I_{1Fasa}$  pada jarak 90% sebesar 268 A.

$$\begin{aligned} TMS (Recloser) &= t \times \frac{\left\{ \left( \frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,3 \times \frac{\left\{ \left( \frac{268}{15} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,3 \times \frac{0,059}{0,14} = 0,12 \end{aligned}$$

## 2. *Setting* Usulan OCR dan GFR pada GH Tomoni

Untuk menghitung arus *setting* OCR pada *outgoing* maka dapat menggunakan persamaan (17) dengan besar  $I_n = 300$  A.

$$\begin{aligned} Iset \text{ primer (OCR)} &= 1,2 \times I_n \\ &= 1,2 \times 300 \text{ A} \\ &= 360 \text{ A} \end{aligned}$$

Waktu operasi *relay* OCR harus memiliki selisih waktu 0,3-0,5s lebih lambat dari *main protection* yaitu *recloser*. Untuk menghitung nilai *setting* TMS maka menggunakan persamaan pada tabel 2.1 untuk kurva *standard inverse*. Arus hubung singkat 3 fasa yang digunakan adalah  $I_{3Fasa}$  pada jarak gangguan 90% sebesar 979 A.

$$\begin{aligned} \Delta t &= t \text{ Recloser} + t \text{ OCR} \\ \Delta t &= 0,3 + 0,4 \\ \Delta t &= 0,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TMS (OCR) &= t \times \frac{\left\{ \left( \frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,7 \times \frac{\left\{ \left( \frac{896}{360} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,7 \times \frac{0,020}{0,14} = 0,10 \end{aligned}$$

Selanjutnya yaitu menghitung arus *setting* GFR dengan menggunakan persamaan (22), sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Iset \text{ primer (GFR)} &= 10\% \times I_n \\ &= 10\% \times 300 \text{ A} \\ &= 30 \text{ A} \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai *setting* TMS maka menggunakan persamaan pada tabel 2.1 untuk kurva *standard inverse*. Arus hubung singkat 1 fasa yang digunakan adalah  $I_{1Fasa}$  pada jarak gangguan 90% sebesar 268 A.

$$TMS (GFR) = t \times \frac{\left\{ \left( \frac{I_f}{I_s} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14}$$

$$\begin{aligned} &= 0,7 \times \frac{\left\{ \left( \frac{268}{30} \right)^{0,02} - 1 \right\}}{0,14} \\ &= 0,7 \times \frac{0,044}{0,14} = 0,22 \end{aligned}$$

Tabel 3. Perbandingan *Setting* PLN dan *Resetting*

No.	Proteksi	PLN		<i>Resetting</i>	
1.	<i>Recloser</i> (OCR)	<i>ISetting</i>	150 A	<i>ISetting</i>	180A
		TMS	0,70	TMS	0,07
2.	<i>Recloser</i> (GFR)	<i>ISetting</i>	10 A	<i>ISetting</i>	15 A
		TMS	0,70	TMS	0,12
3.	OCR <i>Outgoing</i>	<i>ISetting</i>	200 A	<i>ISetting</i>	360 A
		TMS	0,07	TMS	0,10
4.	GFR <i>Outgoing</i>	<i>ISetting</i>	20 A	<i>ISetting</i>	30 A
		TMS	0,07	TMS	0,22

## C. *Perhitungan Rating FCO*

Jenis FCO yang digunakan pada PT.PLN ULP Tomoni adalah FCO dengan tipe K (cepat). Untuk menghitung *rating* usulan FCO Teromu dengan total kapasitas trafo 116 kVA yang digunakan untuk mengamankan transformator adalah dengan menggunakan persamaan (17) sebagai berikut:

Untuk arus primer trafo :

$$\begin{aligned} I_n \text{ trafo} &= \frac{116}{\sqrt{3} \times 21} = \frac{116}{36,33} \\ I_n &= 3,35 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelah diketahui  $I_{nominal}$  trafo maka selanjutnya dilakukan perhitungan *rating fuse*:

$$I_{rating \text{ fuse}} = I_n \text{ trafo} \times I_{rush \text{ current}}$$

$$I_{rating \text{ fuse}} = 3,35 \times 1,2$$

$$I_{rating \text{ fuse}} = 4,02 \text{ A}$$

(dipilih *rating fuse* yang tersedia yaitu 5A)

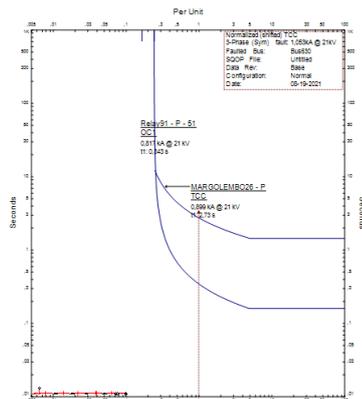
## D. *Perbandingan Simulasi Setting Eksisting dan Setting Usulan*

### 1. *Setting Eksisting*

#### a) Gangguan pada saluran utama

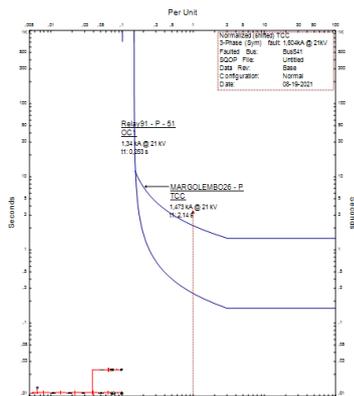
Ketika terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada titik 90% diperoleh kurva koordinasi yang saling berpotongan yang berarti koordinasi masih kurang baik. Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa yang bekerja lebih dahulu adalah OCR GH Tomoni (*back up protection*) dengan waktu 0,343 detik kemudian *recloser* (*main protection*) bekerja dengan waktu 2,728 detik. Hal ini berarti telah terjadi *overlap* antara peralatan proteksi.

Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa koordinasi antara *recloser* dan OCR kurang baik, sehingga dapat mengakibatkan wilayah padam yang semakin meluas ketika terjadi gangguan.



Gambar 2. Kurva Koordinasi Hasil Simulasi Gangguan hubung singkat 3 Fasa di Titik 90% Berdasarkan Setting Eksisting

b) Gangguan pada saluran percabangan



Gambar 3. Kurva Koordinasi Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa di Saluran Cabang Berdasarkan Setting Eksisting

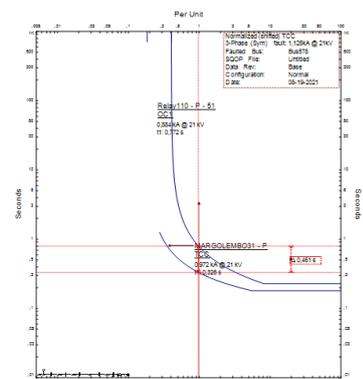
Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 3 maka dapat dilihat bahwa terjadi kegagalan koordinasi dimana FCO Teromu sebagai *main protection* pada saluran cabang tidak bekerja sehingga menyebabkan pengaman pada saluran utama (*back up protection*) bekerja. Setelah diteliti maka diketahui penyebab terjadinya kegagalan koordinasi ini disebabkan karena ketidaksesuaian *rating fuselink* yang digunakan. *fuselink* yang digunakan adalah 8A sedangkan berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa *rating fuselink* yang seharusnya digunakan adalah 5A

2. Setting Usulan

a) Gangguan pada saluran utama

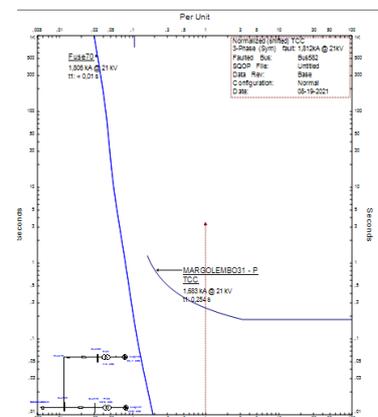
Berdasarkan hasil simulasi pada ETAP 12.6.0 diatas menunjukkan bahwa *Setting* hasil perhitungan mempunyai kurva koordinasi yang tidak saling berpotongan (gambar 4), hal ini berarti *recloser* dan

OCR pada *outgoing* telah terkoordinasi dengan baik dimana apabila terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa maka *recloser* sebagai *main protection* akan bekerja terlebih dulu kemudian apabila *recloser* gagal mengisolir gangguan maka OCR *outgoing* sebagai *back up protection* yang akan bekerja. pada titik 90% terlihat bahwa tidak terjadi *overlap* antara *recloser* dan OCR pada GH dikarenakan ketika *recloser* telah mencapai trip yang ketiga pada 0,651 detik maka mengakibatkan pemadaman permanen sehingga tidak mengganggu kerja OCR pada *outgoing* GH. Selisih waktu kerja *recloser* dan OCR 0,461 detik yang berarti selisih waktu koordinasi antara *recloser* dan OCR pada *Outgoing* Kalaena sudah sesuai dengan standar IEC 60255 sehingga apabila terjadi gangguan maka kedua alat proteksi tersebut akan bekerja sesuai dengan urutan kerja yang benar dan dengan begitu wilayah padam dapat diminimalisir.



Gambar 4. Kurva Koordinasi Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa di Titik 90% Berdasarkan Setting Usulan

b) Gangguan pada Saluran Percabangan



Gambar 5. Kurva Koordinasi Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa di Saluran Cabang Berdasarkan Setting Usulan

Berdasarkan hasil simulasi pada ETAP 12.6.0 diatas menunjukkan bahwa *setting* hasil perhitungan mempunyai koordinasi yang baik dapat dilihat pada gambar 5 tidak ada garis yang saling berpotongan, FCO sebagai pengaman

utama pada saluran cabang dengan titik gangguan pada bus 582 didapatkan waktu kerja 0,100 detik. Pada gangguan 3 fasa trip pertama *recloser* bekerja dengan waktu 0,254 detik, dan trip ketiga bekerja dengan waktu 0,509 detik. Sehingga dapat dikatakan koordinasi antara FCO dan *recloser* sudah baik karena FCO mampu bekerja atau membuka lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus dan tidak menyebabkan bekerjanya *recloser*.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Koordinasi sistem proteksi yang ada pada *Feeder Express Mangkutana Out Kalaena* berdasarkan *setting* eksisting pada saat terjadi gangguan di percabangan maupun di saluran utama masih kurang baik dikarenakan *setting* yang digunakan belum sesuai dengan standar yang ditandai dengan adanya kurva koordinasi yang saling berpotongan sehingga dapat menyebabkan terjadinya miskordinasi (*overlap*) yang berakibat wilayah padam yang lebih luas. *Fuselink* yang digunakan adalah 8A, *setting* eksisting TMS OCR *recloser* = 0,70 dan GFR *recloser* = 0,70, sedangkan *setting* eksisting TMS *relay* OCR GH Tomoni = 0,07 dan GFR GH Tomoni = 0,07 dimana yang seharusnya *recloser* sebagai *main protection* harus memiliki *Setting* TMS yang lebih lebih kecil dibanding OCR sebagai *back up protection*.
2. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan *setting* usulan *fuselink* FCO = 5 A. Untuk hasil perhitungan (*resetting*) pada *recloser* TMS OCR = 0,07 dan TMS GFR = 0,12 dengan Iset OCR = 180 A dan Iset GFR = 15 A. Untuk *setting* pada *relay* GH Tomoni hasil perhitungan TMS OCR = 0,10 dan TMS GFR = 0,22 dengan Iset OCR = 360 A dan Iset GFR = 30 A. Hasil simulasi yang dilakukan pada ETAP 12.6.0 menggunakan *setting* usulan tersebut didapatkan kurva koordinasi yang baik dimana peralatan proteksi yang ada pada *Feeder Express Mangkutana Out Kalaena* bekerja sesuai dengan standar IEEE 242-1986 dan IEC 60255 dimana selisih waktu kerja minimal antara *main protection* dan *back protection* adalah 0,2-0,5s.

## REFERENSI

- [1] Suhadi and T. Wrahatnolo, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Untuk Sekolah Menengah Kejuruan Jilid 3*, vol. 53, no. 9. 2013.
- [2] D. Suswanto, "Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik," *Sist. Distrib. Tenaga List.*, pp. 137–180, 2009.
- [3] A. Silaban, "Studi Tentang Penggunaan Recloser pada Sistem Jaringan Distribusi 20 KV," *Univ. Sumatera Utara, Medan*, vol. 55, no. Studi Tentang Penggunaan Recloser pada Sistem Jaringan Distribusi 20 KV, p. 9, 2010.
- [4] William D. Stevenson, JR, "Analisa Sistem Tenaga," *Lemb. Pnb. Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 1, pp. 1–239, 1983.
- [5] R. Pambudidoyo, "Fungsi Recloser Sebagai Pengaman Pada Sistem Jaringan Distribusi 20 KV," p. 57, 2016.
- [6] S. Supriyatna, "Koordinasi proteksi, OCR, EFR, FCO, DG," pp. 1–11, 2018.