

# STUDI KOORDINASI *FUSE* DAN *RECLOSER* PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV YANG TERHUBUNG DENGAN *DISTRIBUTED GENERATION* (STUDI KASUS: PENYULANG PM. 6 GARDU INDUK PEMATANGSIANTAR)

Riko Jogi Petrus Pasaribu<sup>(1)</sup>, Riswan Dinzi<sup>(2)</sup>

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara (USU)  
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA  
e-mail: [rikojogi@yahoo.co.id](mailto:rikojogi@yahoo.co.id)

## Abstrak

Penggunaan *Distributed Generation* pada jaringan distribusi dapat mengganggu koordinasi *fuse* dan *recloser* dikarenakan arus gangguan tidak hanya disuplai oleh gardu induk tetapi juga disuplai oleh *Distributed Generation*. Penelitian sebelumnya telah dilakukan terhadap keandalan koordinasi *fuse* dan *recloser* pada jaringan distribusi yang terhubung dengan *Distributed Generation* dimana penelitian tersebut menjelaskan bahwa terjadi perubahan kinerja dari koordinasi kedua perangkat tersebut sehingga keandalan sistem pengamanan dalam mengamankan jaringan distribusi menjadi sangat buruk. Pada penelitian ini, penulis melakukan studi koordinasi *fuse* dan *recloser* pada jaringan distribusi 20 KV penyulang PM.6 GI Pematangsiantar yang terhubung dengan PLTM Silau 2 dan PLTMH T onduhan untuk memperoleh sistem proteksi yang benar menggunakan program komputer dan prosedur-prosedur tertentu. Dari hasil studi diperoleh bahwa terjadi perubahan setelan *recloser* – *recloser* eksisting dan rating *fuse* yang berkoordinasi dengan *recloser*. Semua *recloser* – *recloser* eksisting (*recloser 1*, *recloser 2*, dan *recloser 3*) dan *recloser* yang akan ditambah pada jaringan (*recloser 4*) menggunakan Kurva TCC1 Kyle 102 dan Kurva TCC2 IEC INV. Setelan arus fasa dan tanah *recloser 1* dan 2 adalah 15 A dan 7 A, *recloser 3* adalah 76 A dan 38 A, serta *recloser 4* adalah 134 A dan 67 A dimana kurva TCC2 *recloser 1*, 3 dan 4 dikali dengan faktor pengali sebesar 25 sedangkan *recloser 2* dikali dengan faktor pengali sebesar 3. Rating *fuse* yang berkoordinasi *recloser 1*, 2, 3, dan 4 adalah sebesar 50T dan 80T; 40T; 40T, 65T dan 80T; 40T dan 65T.

**Kata Kunci:** *distributed generation*, koordinasi *fuse* dan *recloser*, arus gangguan

## 1. Pendahuluan

Jaringan distribusi radial didesain untuk aliran daya yang *undirectional*. Artinya daya dikirim dari gardu induk distribusi menuju beban yang banyak melalui penyulang distribusi, konfigurasi ini menyebabkan jaringan distribusi radial hanya memerlukan satu perangkat pemutus gangguan untuk mengisolasi gangguan [1]. Perangkat – perangkat pemutus gangguan arus lebih antara lain *circuit breaker*, *recloser*, dan *fuse*.

Terhubungnya *Distributed Generation* (DG) pada jaringan distribusi tidak hanya mengubah aliran daya pada jaringan distribusi tetapi juga dapat mengubah besar arus gangguan saat terjadi gangguan pada jaringan distribusi tersebut. Kehadiran DG mengubah kontribusi arus gangguan dari gardu induk distribusi sehingga mengganggu kinerja dari perangkat pemutus gangguan [2]. Terganggunya kinerja perangkat pemutus gangguan dapat merusak koordinasi antara perangkat pengamanan pemutus gangguan dalam

mengamankan jaringan distribusi saat terjadi gangguan. Suatu penelitian mengenai studi keandalan koordinasi *fuse* dan *recloser* pada jaringan distribusi yang terhubung dengan *Distributed Generation* menjelaskan bahwa terjadi perubahan kinerja dari koordinasi kedua perangkat tersebut sehingga keandalan sistem pengamanan dalam mengamankan jaringan distribusi menjadi sangat buruk.

## 2. Studi Pustaka

### 2.1. *Distributed Generation*

*Distributed Generation* adalah sebuah pembangkit tenaga listrik yang berkapasitas kecil dengan tujuan menyediakan sebuah sumber daya aktif yang terhubung langsung dengan jaringan distribusi atau pada sisi pelanggan dimana teknologi pembangkitan energi listrik dan terhubungnya DG dengan beban secara signifikan berbeda dengan teknologi yang dimiliki dari pembangkit tenaga listrik terpusat.

2.2.Fuse

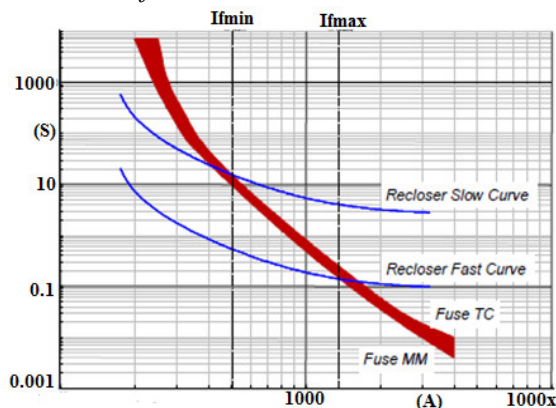
Fuse adalah suatu perangkat proteksi arus lebih yang memiliki rangkaian pembuka berdifusi, dimana rangkaian tersebut akan membuka bila dilalui oleh panas dari arus lebih yang diakibatkan oleh kondisi hubung singkat atau beban lebih.

2.3.Recloser

Recloser adalah suatu perangkat pengaman arus lebih yang secara otomatis trip dan menutup balik dalam beberapa waktu tertentu saat terjadi gangguan sementara atau gangguan tetap.

2.4.Koordinasi Fuse dan Recloser

Recloser memiliki operasi pemutusan untuk gangguan sementara dan gangguan tetap sedangkan fuse bekerja hanya bila mengalir arus lebih yang melebihi rating dari fuse tersebut, oleh karena operasi – operasi pemutusan yang berbeda antara fuse dan recloser tersebut maka dilakukan suatu koordinasi dimana saat terjadi gangguan sementara, recloser bekerja untuk melakukan pemutusan. Saat terjadi gangguan tetap pada jaringan, operasi pemutusan segera recloser bekerja terlebih dahulu. Setelah operasi pemutusan segera bekerja (kondisi recloser menutup kembali rangkaian), arus gangguan tetap mengalir, maka fuse harus bekerja untuk memutuskan rangkaian. Gambar 1 menunjukkan sebuah contoh kurva kinerja dari koordinasi fuse dan recloser.

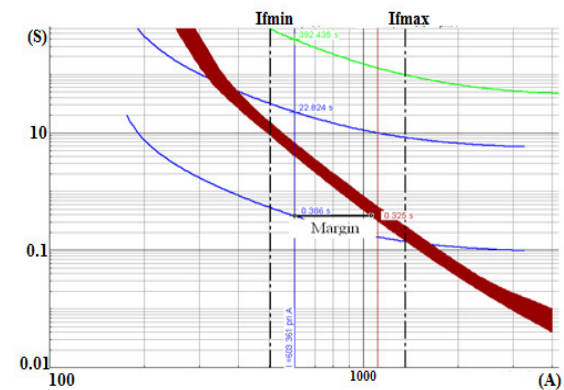


Gambar 1 Kurva Arus dan Waktu dari Koordinasi Fuse dengan Recloser

Jarak antar  $I_{f_{min}}$  dengan  $I_{f_{max}}$  merupakan rentang koordinasi fuse dan recloser terjadi. Dimana  $I_{f_{min}}$  adalah besar arus gangguan minimum yang terjadi dan  $I_{f_{max}}$  adalah besar arus gangguan maksimum yang terjadi pada saluran distribusi.

2.5.Pengaruh Interkoneksi Distributed Generation terhadap Koordinasi Fuse dan Recloser pada Jaringan Distribusi

Kontribusi arus dari DG terhadap titik gangguan dapat merusak koordinasi antara fuse dan recloser dalam melindungi jaringan distribusi sehingga dapat mempengaruhi selektifitas dari koordinasi fuse dan recloser dalam mengamankan jaringan distribusi seperti yang digambarkan oleh Gambar 2, dimana terjadi perubahan kurva kinerja koordinasi fuse dan recloser yang diambil dari kasus yang sama dari Gambar 1.

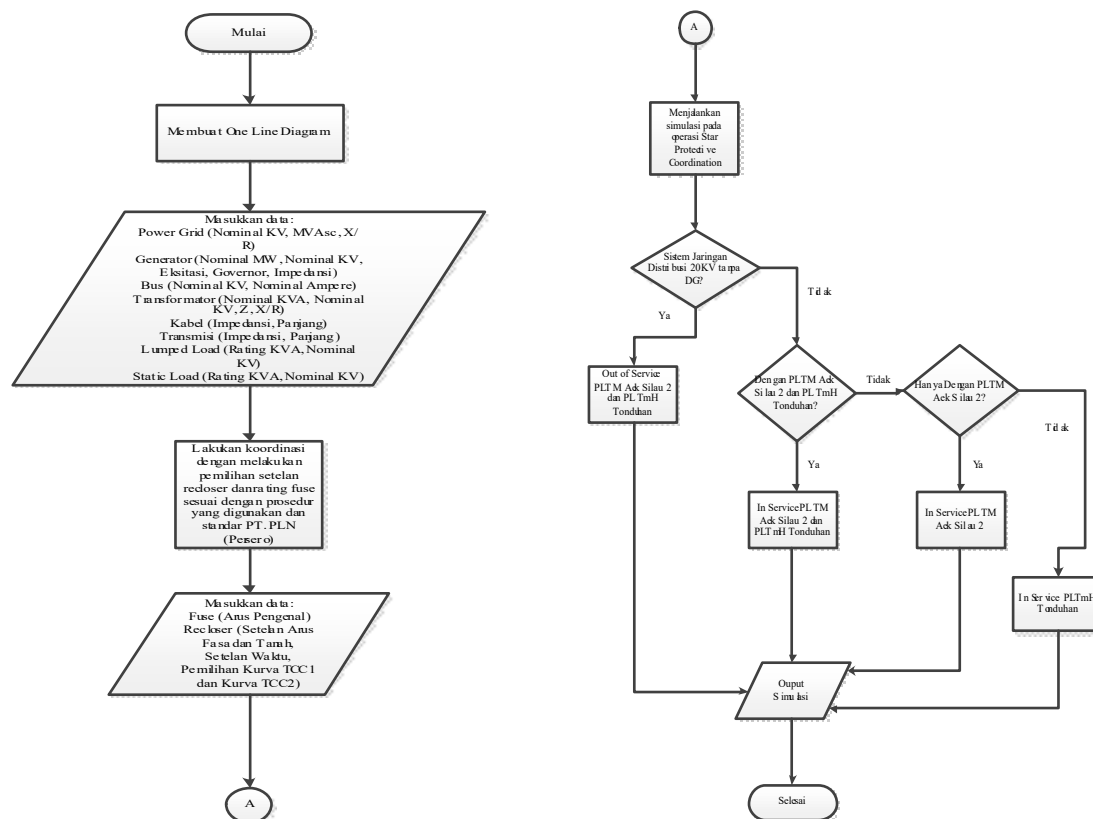


Gambar 2 Kurva Arus dan Waktu Koordinasi Fuse dan Recloser Saat Jaringan Distribusi Terhubung dengan Distributed Generation

Gambar 2 menunjukkan bahwa, saat Distributed Generation dihubungkan pada jaringan distribusi maka kurva arus dan waktu dari koordinasi fuse dan recloser berubah dimana besar dari  $I_{f_{min}}$  dan  $I_{f_{max}}$  juga berubah melewati batas (margin) koordinasi fuse dan recloser yang sudah terlebih dahulu ditetapkan.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di jaringan distribusi 20 KV penyulang PM6 Gardu Induk. Pematangsiantar yang terhubung dengan PLTM Silau 2 yang berkapasitas 2 x 4,5 MW dan PLT mH T on duhan yang berkapasitas 2 x 200 KW. Studi koordinasi fuse dan recloser dilakukan menggunakan prosedur – prosedur tertentu dan didasarkan pada standar PT. PLN lalu dilakukan simulasi menggunakan program komputer.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

3.1. Pengumpulan Data

Pengambilan data penyaluran jaringan distribusi 20 kV dan data PLTM Tonduhan dilakukan di P.T PLN (Persero), sedangkan PLTM Aek Silau 2 di PT. Bersaudara Simalungun Energi.

3.2. Analisis Data

Dilakukan perhitungan besar gangguan arus lebih pada bus – bus saat terjadi gangguan arus lebih di sepanjang jaringan distribusi yang terhubung dengan DG dan tidak terhubung dengan DG menggunakan program komputer. Hasil dari perhitungan ini digunakan dalam pemilihan setelan *recloser* dan rating *fuse* yang berkoordinasi di sepanjang jaringan distribusi.

3.3. Simulasi Koordinasi Fuse dan Recloser Menggunakan Program Komputer

Hasil dari studi koordinasi *fuse* dan *recloser* disimulasikan menggunakan program komputer, diagram alirnya dapat ditampilkan pada Gambar 3.

4. Hasil dan Pembahasan

Penyulang PM6 memiliki 3 *recloser* eksisting (*recloser 1*, *recloser 2*, *recloser 3*) serta 1 *recloser* (*recloser 4*) yang akan

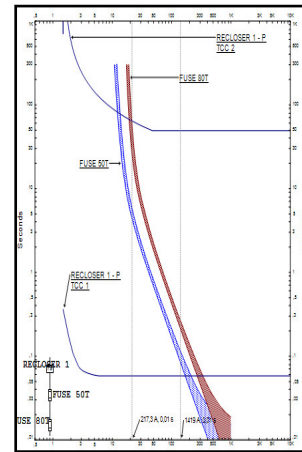
ditambah oleh PT. PLN (Persero) dan 74 *fuse* pengaman cabang. Pada penyulang PM6, *recloser 1* berkoordinasi dengan 3 *fuse*, *recloser 2* berkoordinasi dengan 6 *fuse*, *recloser 3* berkoordinasi dengan 12 *fuse* dan *recloser 4* berkoordinasi dengan 29 *fuse*.

Langkah – langkah penyetelan *recloser* dan pemilihan rating *fuse* harus dilakukan sedemikian rupa sehingga dicapai sebuah koordinasi *fuse* dan *recloser* yang baik untuk mengamankan jaringan distribusi. Berikut adalah langkah – langkah yang harus dilakukan:

1. Menentukan besar arus gangguan minimum dan gangguan maksimum yang terjadi pada daerah yang dilindungi oleh koordinasi *fuse* dan *recloser*
2. Pemilihan setelan arus fasa secara tipikal adalah 200 – 250 % dari besar arus beban maksimum yang mengalir melalui *recloser*; sedangkan untuk pemilihan setelan arus tanah secara tipikal adalah sama dengan besar arus beban maksimum yang mengalir melalui *recloser*.
3. Pemilihan Kurva TCC1 *recloser* sebagai operasi pemutusan segera (*instantaneous*)
4. Pemilihan rating *fuse*
5. Pemilihan Kurva TCC2 *recloser* sebagai operasi pemutusan tunda (*delay*)

4.1. Studi Koordinasi *Fuse* dan *Recloser* Pada Daerah yang Dilindungi Oleh *Recloser 1*  
Berikut langkah – langkah membuat koordinasi *fuse* dan *recloser* pada daerah yang dilindungi oleh *Recloser 1*:

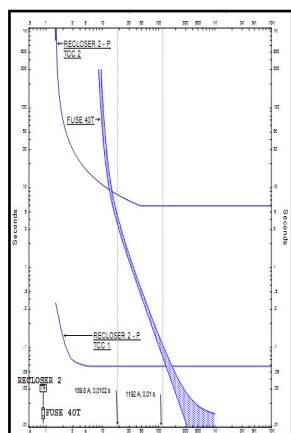
1. Gangguan 3 fasa pada Bus 143 saat jaringan distribusi terhubung dengan PLTmH Tonduhan dan PLTM Silau 2 merupakan gangguan maksimum yang terjadi dengan arus gangguan sebesar 1405 A sedangkan gangguan 1 fasa ke tanah pada Bus 156 saat jaringan distribusi tidak terhubung dengan DG merupakan arus gangguan minimum yang terjadi dengan arus gangguan sebesar 219 A.
2. Arus beban maksimum yang melewati *recloser 1* adalah sebesar 7.5 A, maka setelan arus fasa dan tanah dari *recloser 1* adalah 15 A dan 7 A
3. Kurva TCC1 yang dipilih adalah Kurva Kyle 102. Supaya gangguan tanah diamankan oleh elemen proteksi arus tanah dari *recloser 1*, maka kurva TCC1 dari setelan arus tanah dikali dengan faktor pengali sebesar 0,1.
4. Pada daerah yang dilindungi oleh *recloser 1* digunakan *fuse* tipe T dengan arus pengenal 50 A untuk *fuse 12* dan *fuse 13*. *Fuse 10* dipilih dengan arus pengenal 80 A dikarenakan *fuse 10* berkoordinasi dengan 1 *fuse* untuk setiap koordinasi dengan *fuse* lain.
5. Kurva TCC2 yang dipilih adalah Kurva IEC INV. Pada *recloser 1* dilakukan perkalian dengan faktor pengali sebesar 25 pada kurva TCC2 dan setelan waktu pada selang waktu penutupan *recloser 1* dari operasi pertama TCC1 menuju operasi kedua TCC2 sebesar 54 detik. Kurva karakteristik arus dan waktu dari koordinasi *fuse* dan *recloser* pada daerah yang dilindungi *Recloser 1* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Kurva arus – waktu studi koordinasi *fuse* dan *recloser* pada daerah yang dilindungi oleh *recloser 1*

4.2. Studi Koordinasi *Fuse* dan *Recloser* Pada Daerah yang Dilindungi Oleh *Recloser 2*  
Berikut langkah – langkah membuat koordinasi *fuse* dan *recloser* pada daerah yang dilindungi oleh *Recloser 2*:

1. Gangguan 3 fasa pada Bus 577 saat jaringan distribusi terhubung dengan PLTmH Tonduhan dan PLTM Silau 2 merupakan gangguan maksimum yang terjadi dengan arus gangguan sebesar 1180 A sedangkan gangguan 1 fasa ke tanah pada Bus 627 saat jaringan distribusi tidak terhubung dengan DG merupakan arus gangguan minimum yang terjadi dengan arus gangguan sebesar 190 A.
2. Arus beban maksimum yang melewati *recloser 2* adalah sebesar 7.7 A, maka setelan arus fasa dan tanah dari *recloser 2* adalah 15 A dan 7 A
3. Kurva TCC1 yang dipilih adalah Kurva Kyle 102. Supaya gangguan tanah diamankan oleh elemen proteksi arus tanah dari *recloser 2*, maka kurva TCC1 dari setelan arus tanah dikali dengan faktor pengali sebesar 0,1.
4. Pada daerah yang dilindungi oleh *recloser 2* digunakan *fuse* tipe T dengan arus pengenal 40 A untuk semua *fuse* yang berkoordinasi dengan *recloser 2*.
5. Kurva TCC2 yang dipilih adalah Kurva IEC INV. Pada *recloser 2* dilakukan perkalian dengan faktor pengali sebesar 3 pada kurva TCC2. Kurva karakteristik arus dan waktu dari koordinasi *fuse* dan *recloser* pada daerah yang dilindungi *Recloser 2* ditunjukkan pada Gambar 5.



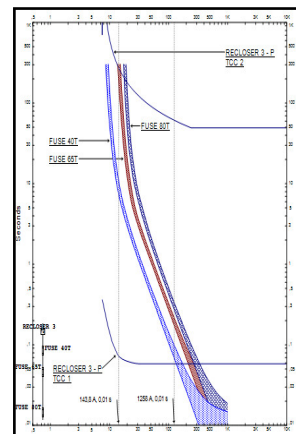
Gambar 5 Kurva arus – waktu studi koordinasi fuse dan recloser pada daerah yang dilindungi oleh recloser 2

4.3. Studi Koordinasi Fuse dan Recloser Pada Daerah yang Dilindungi Oleh Recloser 3

Berikut langkah – langkah membuat koordinasi fuse dan recloser pada daerah yang dilindungi oleh Recloser 3 :

1. Gangguan 3 fasa pada Bus 724 saat jaringan distribusi terhubung dengan PLTMH Tonduhan dan PLTM Silau 2 merupakan gangguan maksimum yang terjadi dengan arus gangguan sebesar 1246 A sedangkan gangguan 1 fasa ke tanah pada Bus 860 saat jaringan distribusi tidak terhubung dengan DG merupakan arus gangguan minimum yang terjadi dengan arus gangguan sebesar 143 A.
2. Arus beban maksimum yang melewati recloser 3 adalah sebesar 38,2 A, maka setelah arus fasa dan tanah dari recloser 3 adalah 76 A dan 38 A
3. Kurva TCC1 yang dipilih adalah Kurva Kyle 102. Supaya gangguan tanah diamankan oleh elemen proteksi arus tanah dari recloser 3, maka kurva TCC1 dari setelah arus tanah dikali dengan faktor pengali sebesar 0,1.
4. Pada daerah yang dilindungi oleh recloser 3 digunakan fuse tipe T dengan arus pengenal 40 A untuk fuse 64, fuse 65, fuse 67, fuse 70, fuse 71, fuse 73, fuse 74, dan fuse 75. Fuse 69 dan fuse 72 dipilih dengan arus pengenal 65 A dikarenakan masing - masing fuse tersebut berkoordinasi 1 fuse untuk setiap koordinasinya. Fuse 68 dipilih dengan arus pengenal 80 A dikarenakan fuse 68 pada setiap koordinasi, berkoordinasi dengan 2 fuse.
5. Kurva TCC2 yang dipilih adalah Kurva IEC INV. Pada recloser 3 dilakukan

perkalian dengan faktor pengali sebesar 25 pada kurva TCC2 dan setelah waktu pada selang waktu penutupan recloser 3 dari operasi pertama TCC1 menuju operasi kedua TCC2 sebesar 270 detik. Kurva karakteristik arus dan waktu dari koordinasi fuse dan recloser pada daerah yang dilindungi Recloser 3 ditunjukkan pada Gambar 6.



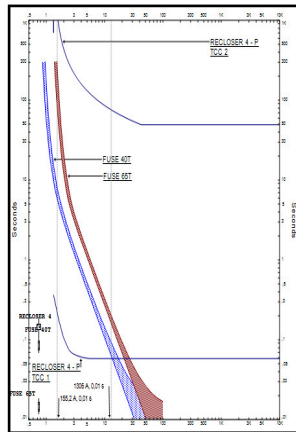
Gambar 6 Kurva arus – waktu studi koordinasi fuse dan recloser pada daerah yang dilindungi oleh recloser 3

4.4. Studi Koordinasi Fuse dan Recloser Pada Daerah yang Dilindungi Oleh Recloser 4

Berikut langkah – langkah membuat koordinasi fuse dan recloser pada daerah yang dilindungi oleh Recloser 4:

1. Gangguan 3 fasa pada Bus 240 saat jaringan distribusi terhubung dengan PLTMH Tonduhan dan PLTM Silau 2 merupakan gangguan maksimum yang terjadi dengan arus gangguan sebesar 1298 A sedangkan gangguan 1 fasa ke tanah pada Bus 509 saat jaringan distribusi tidak terhubung dengan DG merupakan arus gangguan minimum yang terjadi dengan arus gangguan sebesar 157 A.
2. Arus beban maksimum yang melewati recloser 4 adalah sebesar 67,3 A, maka setelah arus fasa dan tanah dari recloser 4 adalah 134 A dan 67 A
3. Kurva TCC1 yang dipilih adalah Kurva Kyle 102. Supaya gangguan tanah diamankan oleh elemen proteksi arus tanah dari recloser 4, maka kurva TCC1 dari setelah arus tanah dikali dengan faktor pengali sebesar 0,1.
6. Pada daerah yang dilindungi oleh recloser 4 digunakan fuse tipe T dengan arus pengenal 40 A adalah fuse 28, fuse 29, fuse 30, fuse 31, fuse 32, fuse 33, fuse 34,

*fuse 35, fuse 36, fuse 38, fuse 39, fuse 41, fuse 42, fuse 43, fuse 44, fuse 45, fuse 46, fuse 48, fuse 49, fuse 50, fuse 52, fuse 53, fuse 54, fuse 55, fuse 56, dan fuse 57. Fuse 40, fuse 47, dan fuse 51* dipilih dengan arus pengenal 65 A dikarenakan masing - masing *fuse* tersebut berkoordinasi 1 *fuse*. Kurva karakteristik arus dan waktu dari koordinasi *fuse* dan *recloser* pada daerah yang dilindungi *Recloser 4* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Kurva arus – waktu studi koordinasi *fuse* dan *recloser* pada daerah yang dilindungi oleh *recloser 4*

4. Kurva TCC2 yang dipilih adalah Kurva IEC INV. Pada *recloser 4* dilakukan perkalian dengan faktor pengali sebesar 25 pada kurva TCC2 dan setelan waktu pada selang waktu penutupan *recloser 4* dari operasi pertama TCC1 menuju operasi kedua TCC2 sebesar 134 detik.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penyulang PM6 Gardu Induk Pematangsiantar saat kondisi jaringan distribusi terhubung PLT mH T onduhan, koordinasi *fuse* dan *recloser* eksisting tidak rusak dikarenakan kontribusi arus gangguan dari PLT mH yang kecil pada titik gangguan. Berbeda pada kondisi jaringan distribusi terhubung dengan PLTM Silau 2 serta pada kondisi jaringan distribusi terhubung PLT mH T onduhan dan PLTM Silau 2, koordinasi *fuse* dan *recloser* menjadi rusak diakibatkan kontribusi arus gangguan dari PLTM Silau 2 yang besar pada titik gangguan. Oleh karena itu perlu dilakukan perubahan terhadap setelan *recloser* dan rating *fuse* yang saling

berkoordinasi sehingga dapat dicapai koordinasi *fuse* dan *recloser* yang baik.

2. Perubahan dilakukan terhadap seluruh setelan *recloser* dan rating *fuse* yang saling berkoordinasi pada jaringan distribusi penyulang PM6 Gardu Induk Pematangsiantar. Tabel Perbandingan setelan dari setiap *recloser* hasil studi koordinasi dengan setelan eksisting pada bus – bus uji dapat dilihat pada Lampiran H, L, dan P. Tabel Perbandingan rating dari *fuse* hasil studi koordinasi dengan rating *fuse* eksisting dapat dilihat pada Lampiran F, J, N, dan R.
3. Pada studi koordinasi *fuse* dan *recloser* penyulang PM6 Gardu induk Pematangsiantar, studi harus mempertimbangkan koordinasi antar *fuse*, dikarenakan terdapat beberapa koordinasi antar *fuse* di dalam daerah proteksi koordinasi *fuse* dan *recloser*.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Santoso, S., Short, T. A., “Identification of Fuse and Recloser Operations in A Radial Distribution Systems”, *IEEE Trans on Power Delivery*, vol. 22, No. 4, pp. 2370-2377. 2007
- [2] Gaonkar, D. N., “Distributed Generation”, In-tech, Vukovar, 2010.