

# KOORDINASI PENEMPATAN PERALATAN PROTEKSI JENIS ARUS LEBIH (OCR) DAN PELEBUR (FCO) DI PENYULANG 20 kV DARI GI 150/20 kV MRICA BANJARNEGARA

Wahyu Arief Nugroho<sup>\*)</sup>, Mochammad Facta, and Karnoto

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>Email : Pinokio\_Quarta@yahoo.co.id

## Abstrak

Pada umumnya sistem tenaga listrik terdiri atas kumpulan komponen peralatan listrik seperti generator, transformer dan berikut alat-alat pengaman dan pengaturan yang saling dihubungkan membentuk suatu sistem yang digunakan untuk membangkitkan, menyalurkan dan menggunakan energi. Dalam Tugas Akhir ini akan dijelaskan beberapa peralatan yang biasa digunakan untuk melindungi peralatan listrik dalam sistem distribusi tenaga listrik seperti OCR dan FCO sebagai pengaman hubung singkat dalam sistem distribusi tenaga listrik. Untuk perancangan menggunakan Perangkat Lunak Etap 7.0.0 untuk mengetahui perbandingan yang tepat dalam penggunaan Over Current Relay dan Fuse Cut Out. Area yang diproyeksikan yaitu PLTMH di Kabupaten Banjarnegara pada penyulang 20 kV Dari GI 150/20 kV Mrica Banjarnegara, karena ketika ditambahkan PLTMH di saluran distribusi akan menyebabkan penambahan nilai hubung singkat di saluran tersebut disebabkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro menjadi sumber tambahan arus hubung singkat. Perhitungan dalam pengaturan Over Current Relay dan Fuse Cut Out berdasarkan dari waktu ketahanan pembebanan arus pada penampang yang digunakan. Ketika terjadi gangguan hubung singkat, Over Current Relay akan bekerja dengan memerintahkan Cirkuit Breaker untuk membuka dengan waktu yang lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus. Disaat Over Current Relay mengalami gangguan atau kerusakan, Fuse Cut Out akan bekerja untuk melindungi peralatan pada jaringan.

*Kata Kunci: Over Current Relay (OCR), Fuse Cut Out (FCO)*

## Abstract

Generally, power system is composed of a set of electrical device like generator, transformer, along with the safety and adjustment tools that are connected to each other in order to make a system which is used to generate, distribute and use the energy. This final project is trying to expose some equipment that is commonly hired to protect electrical devices in power distribution system like OCR and FCO as the safety of any short circuit in power distribution system. The Planning requires software ETAP 7.0.0 to find out the exact comparison of using OCR and FCO. The projected area includes PLTMH in Banjarnegara with the feeder 20 kV of GI 150/20 kV Mrica Banjarnegara. It is because of adding PLTMH in distribution line will cause an additional value of short circuit in the line as PLTMH has become additional source of short circuit current. The consideration in setting is based on the endurance time of loading current in the cross section used. When short circuit happens, OCR is working by instructing CB to open faster than the current loading endurance time. When OCR is interrupted or damaged, FCO is going to replace it by protecting the equipment of the system.

*Key Words: Over Current Relay (OCR), Fuse Cut Out (FCO)*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik yang berskala kecil yang pada dasarnya memanfaatkan energi potensial air jatuhnya air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas

aliran dan ketinggian tertentu dan instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, apabila dalam kondisi permintaan energi yang selalu meningkat.

Dalam sebuah pembangkit, terdapat banyak peralatan listrik tegangan tinggi yang dimana alat – alat itu harus terjaga dengan baik dari terjadinya gangguan. Dimana apabila terjadi gangguan singkat antar fasa, maka di harapkan terjadi trip. Pada pembangkit listrik juga sangat diperlukan adanya proteksi yang mampu mengamankan arus lebih atau gagguan fasa ketanah maupun fasa ke fasa. Sehingga saat terjadi gangguan, maka gangguan itu tidak sampai mengenai sisi primer transformator 150kV Gardu Induk. Karena apabila gangguan sampai mengenai sisi primer trafo 150 kV, akan mengakibatkan kefatalan sehingga bisa menyebabkan interkoneksi Jawa – Bali. Oleh karena dari itu sangat di perlukan proteksi yang mampu untuk bekerja atau melindungi seperti keterangan di atas.

Pada tugas akhir ini, akan di lakukan sebuah analisis dengan mengasumsikan terjadinya gangguan di tiap – tiap bus yang mungkin akan terjadi hubung singkat. Hal ini karena ketika ditambahkan PLTMH di saluran distribusi, akan menyebabkan penambahan nilai hubung singkat di saluran tersebut. Hal ini disebabkan karena PLTMH menjadi sumber tambahan arus hubung singkat. Oleh karena itu, maka perlu di lakukan evaluasi dan analisis terhadap peralatan proteksi yang ada di saluran distribusi pada GI 150kV MRICA Banjarnegara, berikut dengan koordinasi antar peralatan proteksi tersebut. Peralatan proteksi yang digunakan adalah jenis pelebur atau *Fuse Cut Out* (FCO) dan jenis arus lebih atau *Over Current Relay* (OCR). Peralatan proteksi jenis FCO mempunyai kelemahan, yaitu penggunaannya terbatas pada penyaluran daya yang kecil, serta tidak dilengkapi dengan alat peredam busur api yang timbul pada saat terjadi gangguan hubung singkat. Oleh karena dari itu perlu juga menggunakan peralatan proteksi jenis OCR

Data yang digunakan sistem *existing* yang ada milik PT. PLN (Persero) Rayon Banjarnegara dan PT. Indonesia Power UBP Mrica Banjarnegara. Karena pada sistem distribusi tersebut telah terpasang pembangkitan terdistribusi. Metode aliran daya yang digunakan dalam perhitungan adalah metode Newton-Raphson. Semua beban dimodelkan dalam beban tiga fasa seimbang, beban-beban satu fasa dikumpulkan di satu titik dan dianggap beban tiga fasa untuk mempermudah perhitungan aliran daya. Alat bantu perhitungan dan analisis yang digunakan adalah perangkat lunak atau simulasi jaringan. Dalam hal ini *software* yang dipergunakan adalah ETAP 7.0.0.

## 2. METODE

### 2.1 Perancangan Sistem

Secara umum tujuan dari perancangan program ini adalah untuk mengkoordinasi penempatan peralatan proteksi pada peralatan tegangan tinggi di Gardu Induk. Peralatan proteksi yang digunakan adalah jenis pelebur *Fuse Cut*

*Out* (FCO) dan jenis arus lebih *Over Current Relay* (OCR).

Dalam upaya melakukan analisis tersebut, maka perlu dilakukan simulasi perhitungan aliran daya menggunakan perangkat lunak *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP) 7.0, untuk mendapat nilai arus beban puncak pada jaringan yang digunakan dalam perhitungan *setting relay*. Pemilihan ETAP untuk simulasi aliran daya karena mudah dalam penggunaannya untuk mendapatkan data tambahan berupa arus beban puncak pada beberapa titik di jaringan sehingga akan membantu dalam melakukan *setting Over Current Relay* (OCR) dan *Fuse Cut Out* (FCO) sebagai proteksi yang digunakan dalam penelitian pada Tugas Akhir ini.

### 2.2 Metodologi Penelitian

Langkah-langkah metodologi penelitian dalam tugas akhir ini sebagai berikut :

#### 1. Menentukan studi kasus aliran daya ETAP 7.0

Pada tahap ini ditentukan jenis studi kasus jaringan yang akan disimulasikan aliran dayanya menggunakan perangkat lunak ETAP.

#### 2. Simulasi aliran daya menggunakan perangkat lunak ETAP

Simulasi aliran daya diawali dengan membuat simulasi jaringan distribusi yang akan diteliti terlebih dulu menggunakan data-data yang tersedia. Simulasi aliran daya kemudian dilakukan menggunakan fitur "*Load Flow*" pada ETAP. Simulasi aliran daya ditujukan untuk mendapatkan nilai arus beban puncak pada peralatan-proteksi pada jaringan tersebut.

#### 3. Menentukan studi kasus evaluasi setting relay OCR

Pada tahap ini ditentukan dimana saja akan diletakkan OCR sebagai proteksi yang akan digunakan sebagai pelindung peralatan dan konduktor disaat terjadi gangguan.

#### 4. Menentukan studi kasus evaluasi setting FCO

Seperti halnya OCR, pada tahap ini juga ditentukan dimana saja akan diletakkan FCO sebagai proteksi yang akan digunakan sebagai pelindung peralatan dan konduktor disaat terjadi gangguan.

#### 5. Studi hubung singkat

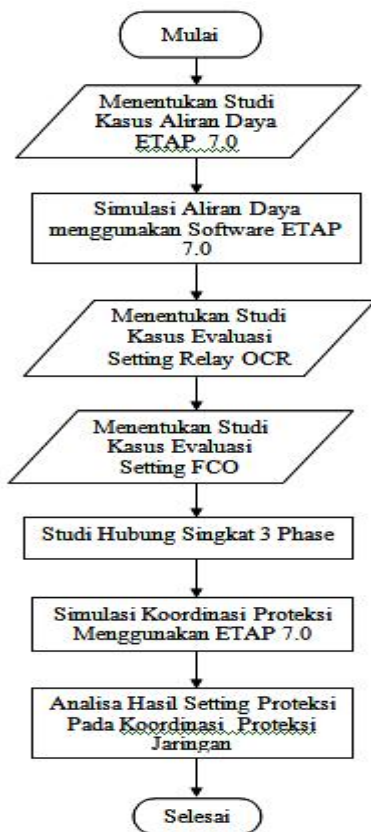
Setelah dipasang proteksi jenis OCR dan FCO pada jaringan, kemudian akan dilakukan studi hubung singkat dengan mengasumsikan gangguan pada beberapa bus guna mengetahui kinerja peralatan proteksi.

**6. Simulasi koordinasi proteksi menggunakan ETAP 7.0**

Simulasi jaringan pada ETAP yang telah dilengkapi dengan data-data *setting* proteksi tersebut, untuk selanjutnya dapat dilakukan simulasi koordinasi proteksi. Simulasi koordinasi proteksi bertujuan untuk dapat memvisualisasikan koordinasi proteksi, sehingga analisa hasil perhitungan koodinasi proteksi dapat dilakukan dengan lebih jelas dan mudah .

**7. Analisa hasil setting proteksi pada koordinasi proteksi jaringan.**

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap hasil koordinasi dari OCR dan FCO saat terjadinya gangguan dimana OCR harus mampu bekerja lebih dulu dari FCO dan peralatan proteksi yang terpasang harus mampu bekerja dengan baik tanpa merusak peralatan dan konduktor yang terpasang di Gardu Induk.



Gambar 1 Metodologi Penelitian Analisis Evaluasi *Setting* Relay Proteksi Menggunakan Program Simulasi ETAP 7.0

**2.2 Analisis Hubung Singkat Terhadap Kemampuan Kabel**

Pengaturan jenis kabel sejatinya telah diatur didalam beberapa standar. Untuk di Indonesia, standar yang sering digunakan adalah standar PLN (SPLN). Sedangkan standar yang mengatur tentang KHA konduktor adalah SPLN 64:1985. Pada Tabel 1 dibawah ini merupakan standar KHA koduktor AAAC berdasarkan SPLN 64:1985 Tabel VIII.

**Tabel 1. Standar KHA konduktor AAAC berdasarkan SPLN 64:1985**

Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	KHA terus menerus penghantar AAAC (A)
16	105
25	135
35	170
50	210
70	255
95	320
120	365
150	425
185	490
240	585

Saat terjadi hubung singkat pada saluran tenaga listrik, suhu konduktor akan naik karena arus sesaat akibat hubung singkat tersebut. Batas kenaikan suhu yang diperbolehkan untuk konduktor kawat alumunium *alloy* adalah 150<sup>0</sup>C. Nilai arus gangguan hubung singkat yang memiliki hubungan dengan batas suhu ini disebut kapasitas penyaluran sesaat. Kapasitas penyaluran sesaat akan berkaitan dengan waktu ketahanan konduktor terhadap kenaikan suhu akibat gangguan hubung singkat tersebut. Untuk mengetahui ketahanan konduktor dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$I = \frac{79,25 \times S}{\sqrt{t}}$$

dimana : I = arus gangguan yang terjadi (A)  
 S = luas penampang konduktor (mm<sup>2</sup>)  
 t = waktu ketahanan pembebanan arus (s)

Berdasarkan persamaan diatas, jika gangguan terjadi pada bus 11 dengan jenis konduktor adalah AAAC 95 mm<sup>2</sup> , didapatkan waktu ketahanan dari konduktor sebagai berikut :

$$I = \frac{79,25 \times S}{\sqrt{t}}$$

$$7000 \text{ A} = \frac{79,25 \times 95 \text{ mm}^2}{\sqrt{t}}$$

$$t = \left( \frac{79,25 \times 95 \text{ mm}^2}{7000 \text{ A}} \right)^2$$

$$t = 1,157 \text{ s}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan waktu ketahanan sebesar 1,157 detik, sedangkan dari hasil *report* simulasi koordinasi proteksi ETAP yang ditampilkan pada Gambar 2 dengan titik gangguan di bus 11, didapatkan waktu dari

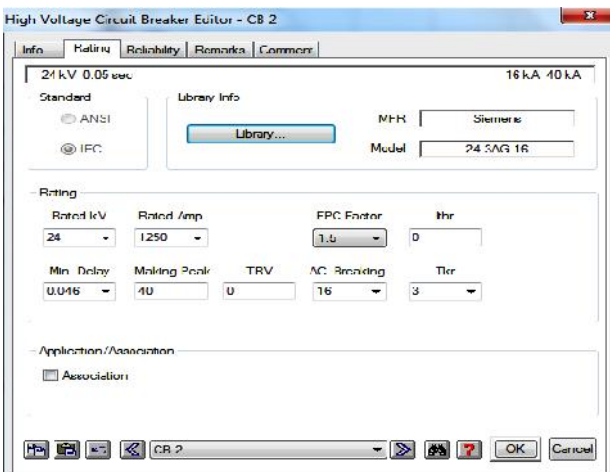
OCR memerintahkan CB untuk membuka hingga CB benar-benar membuka adalah 146 mili detik atau 0,146 detik. sehingga waktu kerja OCR masih aman untuk peralatan dan konduktor disekitarnya.

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
100	Relay A	6.126	100		Phase - OC1 - 51
146	CB1	46.0	46.0		Tripped by Relay A Phase - OC1 - 51
146	CB2	46.0	46.0		Tripped by Relay A Phase - OC1 - 51

Gambar 2. Report simulasi koordinasi proteksi ETAP

### 2.3 Analisis Hubung Singkat Terhadap Kemampuan Circuit Breaker (CB)

Dalam koordinasi rele pada sebuah jaringan, hal yang juga perlu diperhatikan adalah kemampuan CB dalam bekerja. Karena apabila CB tidak bekerja dengan baik, maka akan menimbulkan kerusakan pada peralatan dan konduktor disekitarnya. Pada umumnya disaat terjadi hubung singkat dalam sebuah jaringan agar tidak terjadi kerusakan pada peralatan dan konduktor, maka CB harus bekerja atau membuka lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus. Oleh karena itu, dalam pemasangan CB harus diperhatikan dengan baik terhadap kemampuan CB disaat terjadi hubung singkat. Gambar 3.3 dibawah ini, merupakan contoh setting CB dengan menggunakan software ETAP .

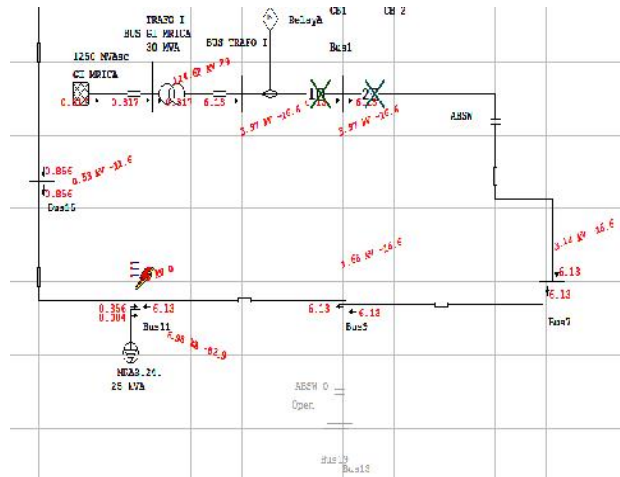


### Gambar 3. Halaman rating CB

Pada Gambar 3 diatas, rated kV CB diberi tegangan 24 kV. Hal ini dikarenakan tegangan trafo skunder pada jaringan adalah 20 kV. Oleh karena maka dari itu CB harus disetting diatas 20 kV. Sedangkan minimal delay diisikan dengan 0,046. Artinya, waktu yang dibutuhkan dari OCR pertama kali memerintah CB untuk membuka hingga CB benar – benar terbuka adalah 0,046 detik. Dengan demikian peralatan dan konduktor yang terpasang pada jaringan akan aman, karena disaat terjadi hubung singkat CB akan terbuka lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus.

### 2.4 Peta Hubung Singkat

Dalam subab ini akan dijelaskan peta hubung singkat pada jaringan. Gambar 4 dibawah ini, adalah contoh peta hubung singkat pada jaringan saat terjadi gangguan.



Gambar 4 Peta hubung singkat pada jaringan

Pada Gambar 4 diatas, dimisalkan gangguan terjadi pada bus 11. Maka disaat terjadi gangguan pada bus 11, proteksi harus mampu atau bisa bekerja dengan baik agar tidak terjadi kerusakan pada peralatan dan konduktor yang terpasang di jaringan. Pada gambar diatas, CB 1 bekerja lebih cepat dari pada CB 2. Hal ini dikarenakan gangguan terjadi di area dekat dengan sumber dimana terdapat peralatan – peralatan utama dalam sebuah jaringan. Oleh karena dari itu, CB 1 harus mampu bekerja lebih cepat karena fungsi utama dari CB 1 adalah untuk melindungi peralatan utama pada jaringan.

Sedangkan untuk memastikan atau untuk mengetahui peralatan dan konduktor benar – benar aman di saat terjadi gangguan, sudah dijelaskan pada subab sebelumnya. Dimana kemampuan kabel harus disesuaikan dengan standar KHA masing-masing kabel di saat terjadi gangguan hubung singkat. Begitu juga dengan CB, karena CB harus bisa bekerja lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus. Berdasarkan analisis dan perhitungan

diatas saat terjadi gangguan di bus 11, peralatan dan konduktor akan tetap aman karena dengan menggunakan kabel jenis AAAC 95 mm<sup>2</sup>, didapatkan waktu ketahanan sebesar 1,157 detik. Sedangkan dari hasil *report* simulasi koordinasi proteksi ETAP yang ditampilkan pada Gambar 2 dengan titik gangguan di bus 11, didapatkan waktu dari OCR memerintahkan CB untuk membuka hingga CB benar-benar membuka adalah 146 mili detik atau 0,146 detik. sehingga waktu kerja OCR masih aman untuk peralatan dan konduktor disekitarnya.

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1 Simulasi Kerja OCR

Setelah semua OCR sudah disetting dengan perhitungan yang benar, maka berikutnya akan dijelaskan hasil simulasi kerja dari pengujian terhadap masing – masing OCR tersebut. Sebagaimana yang diketahui pada umumnya disaat terjadi sebuah gangguan dalam sistem kelistrikan, OCR harus bisa bekerja dengan baik dengan memerintahkan CB untuk membuka lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus agar tidak merusak konduktor dan peralatan disekitarnya. Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengujian terhadap 15 ( lima belas ) OCR yang masing – masing diletakkan dibagian terdekat dengan sumber, percabangan dan Ujung jaringan.

#### 3.2 Simulasi Kerja OCR Bagian Terdekat Dengan Sumber

Satu-satunya OCR yang berada pada bagian terdekat dengan sumber adalah OCR A. Untuk melihat peta hubung singkat terhadap kemampuan kerja dari OCR A, dapat dilihat pada Gambar 2. Seperti pada gambar tersebut, diasumsikan gangguan terjadi pada bus 11. Disaat terjadi gangguan pada bus 11, OCR akan memerintahkan CB 1 untuk terbuka lebih dulu dari pada CB 2. Hal ini dikarenakan gangguan terjadi di area dekat dengan sumber dimana terdapat peralatan – peralatan utama dalam sebuah jaringan. Oleh karena dari itu, CB 1 harus mampu bekerja lebih cepat karena fungsi utama dari CB 1 adalah untuk melindungi peralatan utama pada jaringan.

Sedangkan untuk memastikan atau untuk mengetahui peralatan dan konduktor benar – benar aman disaat terjadi gangguan, maka perlu dilakukan perhitungan terhadap waktu ketahanan pembebanan arus pada konduktor yang digunakan. Untuk mengetahui ketahanan konduktor dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$I = \frac{79,25 \times S}{\sqrt{t}}$$

dimana : I = arus gangguan yang terjadi (A)  
 S = luas penampang konduktor (mm<sup>2</sup>)  
 t = waktu ketahanan pembebanan arus (s)

Berdasarkan data, bahwa pada bus 11 dalam jaringan ini menggunakan konduktor jenis AAAC 95 mm<sup>2</sup>. Maka dengan menggunakan persamaan diatas didapatkan waktu ketahanan dari konduktor sebagai berikut :

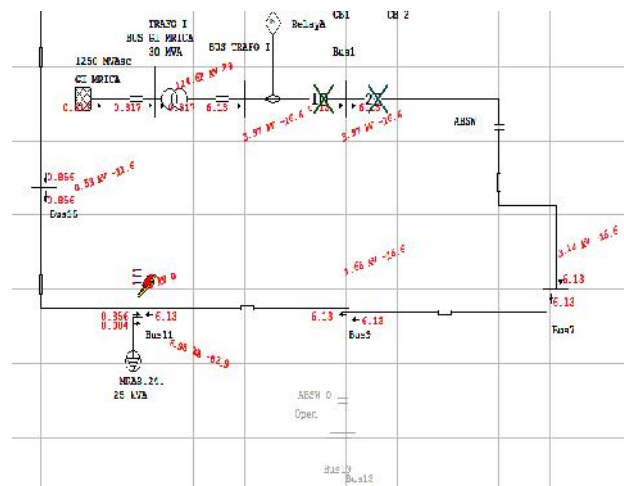
$$I = \frac{79,25 \times S}{\sqrt{t}}$$

$$7000 \text{ A} = \frac{79,25 \times 95 \text{ mm}^2}{\sqrt{t}}$$

$$t = \left( \frac{79,25 \times 95 \text{ mm}^2}{7000 \text{ A}} \right)^2$$

$$t = 1,157 \text{ s}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan waktu ketahanan pembebanan arus dari konduktor yang terpasang pada Bus 11 adalah 1,157 detik. Berarti disaat terjadi gangguan hubung singkat pada Bus 11, OCR A harus mampu memberikan perintah kerja kepada CB 1 dan CB 2 untuk membuka sebelum 1,157 detik.



Gambar 4. Peta hubung singkat OCR

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: bus11

Data Rev: Base Config: Normal Date: 08-27-2014

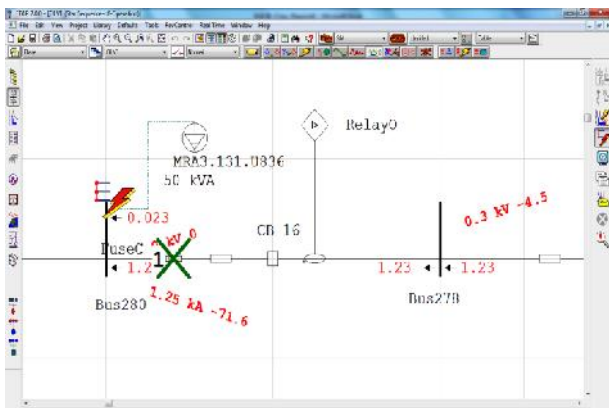
Time (ms)	IU	If (kA)	I1 (ms)	I2 (ms)	Condition
100	RelayA	6.126	100		Phase - OC1 - 51
146	CB1	46.0			Tripped by RelayA Phase - OC1 - 51
100	CB 2	00.0			Tripped by RelayA Phase - OC1 - 51

Gambar 3. Report simulasi kerja OCR

Dari hasil *report* simulasi koordinasi proteksi ETAP pada OCR A yang ditampilkan pada Gambar 3 diatas, dengan titik gangguan di bus 11 didapatkan waktu dari OCR A memerintahkan CB1 untuk membuka hingga CB1 benar-benar membuka adalah 146 mili detik atau 0,146 detik. Sedangkan waktu dari OCR A memerintahkan CB2 untuk membuka hingga CB2 benar-benar membuka adalah 160 mili detik atau 0,16 detik. Dari hasil report simulasi koordinasi proteksi ETAP pada OCR A, dapat dilihat bahwa CB1 dan CB2 sudah bekerja dengan baik karena mampu bekerja atau membuka lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus. Itu berarti OCR A sudah bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya tanpa menimbulkan kerusakan pada konduktor dan peralatan disekitarnya disaat terjadi gangguan.

### 3.3 Simulasi Kerja FCO

Disaat terjadi gangguan hubung singkat, pada umumnya OCR yang harus bekerja. Namun apabila OCR mengalami kerusakan sehingga membuatnya tidak bisa bekerja, maka FCO yang harus bekerja untuk melindungi peralatan dan konduktor pada jaringan. Dengan demikian FCO harus mampu bekerja dengan baik agar tidak menimbulkan kerusakan disaat terjadinya gangguan.



Gambar 4. Peta hubung singkat FCO

Untuk melihat peta hubung singkat terhadap kemampuan kerja FCO, dapat dilihat pada Gambar 4 diatas. Dari gambar tersebut, akan dijelaskan kemampuan kerja dari FCO C. Seperti pada gambar tersebut, jika diasumsikan terjadi gangguan hubung singkat pada Bus 280 dan membuat FCO C harus bekerja, maka FCO C harus mampu bekerja tanpa menimbulkan kerusakan pada peralatan dan konduktor disekitarnya. Sedangkan untuk memastikan atau untuk mengetahui peralatan dan konduktor benar – benar aman disaat terjadi gangguan pada Bus 280, maka perlu dilakukan perhitungan terhadap waktu ketahanan pembebanan arus pada konduktor yang digunakan pada Bus 280. Berdasarkan data, Bus 280 pada jaringan ini menggunakan konduktor jenis AAAC 25 mm<sup>2</sup>. Maka dengan menggunakan Persamaan 1

didapatkan waktu ketahanan dari konduktor sebagai berikut :

$$I = \frac{79,25 \times S}{\sqrt{t}}$$

$$1300 \text{ A} = \frac{79,25 \times 25 \text{ mm}^2}{\sqrt{t}}$$

$$t = \left( \frac{79,25 \times 25 \text{ mm}^2}{1300 \text{ A}} \right)^2$$

$$t = 2,322 \text{ s}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan waktu ketahanan pembebanan arus dari konduktor yang terpasang pada Bus 280 adalah 2,322 detik. Berarti disaat terjadi gangguan hubung singkat pada Bus 280, OCR J harus mampu memberikan perintah kerja kepada CB 11 untuk membuka sebelum 2,322 detik.

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
62.9	FuseC	1.23	< 10.0	62.9	
100	Relay0	1.23	100		Phase - OC1 - 51
146	CB 16	45.0			Tripped by Relay0 Phase - OC1 - 51

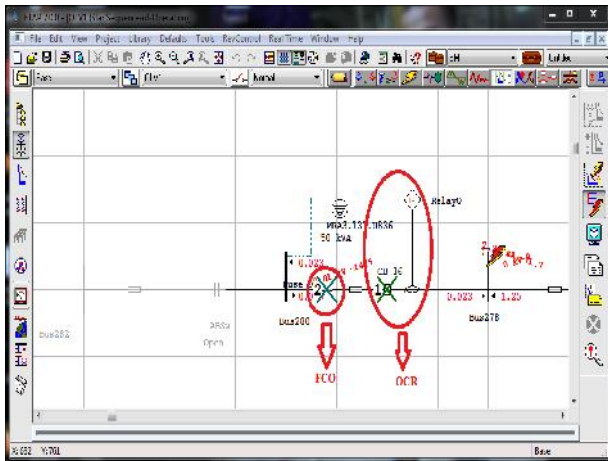
Gambar 5 Hasil *report* simulasi koordinasi proteksi ETAP pada FCO C

Dari hasil *report* simulasi koordinasi proteksi ETAP pada FCO C yang ditampilkan pada Gambar 5 diatas, dengan titik gangguan di Bus 280 didapatkan waktu kerja dari FCO C adalah 62,9 mili detik atau 0,0629 detik. Dari hasil report simulasi koordinasi proteksi ETAP pada FCO C, dapat dilihat bahwa FCO C sudah bekerja dengan baik karena mampu bekerja atau membuka lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus. Itu berarti FCO C sudah bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya tanpa menimbulkan kerusakan pada konduktor dan peralatan disekitarnya disaat terjadi gangguan.

### 3.4 Koordinasi Antara OCR dan FCO

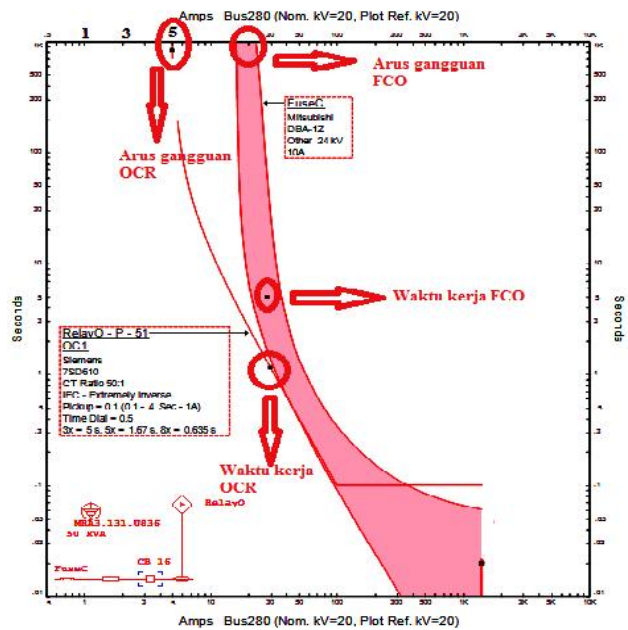
Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa disaat terjadi gangguan hubung singkat OCR harus mampu

bekerja lebih dulu agar FCO tidak perlu bekerja. Hal ini dikarenakan FCO berfungsi hanya sekali, dimana apabila FCO bekerja maka FCO akan rusak dan harus diganti dengan yang baru. Oleh karena itu agar tidak perlu mengeluarkan banyak biaya untuk mengganti FCO dengan yang baru, maka OCR harus bisa bekerja dengan baik. Gambar 6 dibawah ini adalah peta koordinasi antara OCR dengan FCO disaat terjadi gangguan hubung singkat. Dari Gambar tersebut diketahui bahwa saat terjadi gangguan pada bus 278, OCR yang bekerja lebih dulu. Namun dalam gambar tersebut terlihat FCO juga ikut bekerja. Hal ini dikarenakan dalam software ETAP akan menerangkan bahwa FCO yang disetting sudah dilakukan perhitungan dengan benar sehingga apabila OCR mengalami kerusakan dan tidak berfungsi, maka FCO yang akan bekerja. Dengan demikian baik OCR maupun FCO sudah sesuai dengan kaidahnya sehingga konduktor dan peralatan pada jaringan akan tetap aman disaat terjadi hubung singkat.



**Gambar 6. Peta hubung singkat koordinasi antara OCR dan FCO**

Untuk melihat lebih jelas bahwa OCR bekerja lebih dulu, maka bisa dilihat dari grafik koordinasi antara OCR dan FCO pada software ETAP. Dari grafik tersebut akan terlihat waktu kerja dari OCR dan waktu kerja dari FCO. Gambar 4.7 dibawah ini adalah grafik koordinasi waktu kerja dari OCR dan FCO. Pada grafik tersebut terlihat bahwa OCR akan memberikan perintah kepada CB untuk membuka disaat OCR tersebut membaca arus gangguan sebesar 5 Ampere. OCR tersebut akan membaca arus gangguan sebesar 5 Ampere dalam waktu 0,046 detik. Sedangkan FCO akan membaca arus gangguan sebesar 10 Ampere. FCO tersebut akan membaca arus gangguan sebesar 10 Ampere dalam waktu 3,497 detik.



**Gambar 7 Grafik Koordinasi antara OCR dan FCO**

Setelah dilakukan pengujian terhadap semua OCR dan FCO, maka berikut ini adalah tabel hasil dari perhitungan koordinasi waktu kerja antara OCR dan FCO yang telah disetting

**Tabel 2. Hasil perhitungan koordinasi antara OCR dan FCO**

No	Code OCR	Code FCO	Waktu Kerja OCR (s)	Waktu Kerja FCO (s)
1.	OCRF	FCO A	0,046	3,495
2.	OCRJ	FCOB	0,046	2,709
3.	OCRO	FCOC	0,046	3,497

Dari Tabel 2 diatas, dapat dilihat bahwa waktu kerja dari OCR lebih cepat dari FCO. Hal itu membuktikan bahwa OCR telah bekerja dengan baik karena dapat bekerja lebih dulu dari FCO. Namun dari tabel tersebut, terlihat waktu kerja dari FCO sangat lama. Hal tersebut dikarenakan dalam software ETAP, FCO bekerja setelah OCR bekerja. Tetapi pada kenyataannya apabila OCR sudah bekerja, maka FCO tidak akan bekerja. Sedangkan pada subab sebelumnya juga telah dijelaskan waktu kerja dari FCO tanpa melewati OCR. Pada subab tersebut, semua FCO dapat bekerja dengan baik dengan waktu yang lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus pada konduktor.

#### 4. Kesimpulan

1. Perlu ditambahkan peralatan proteksi pada jaringan, karena ketika ditambahkan PLTMH di saluran distribusi akan menyebabkan penambahan nilai hubung singkat disebabkan PLTMH menjadi sumber tambahan arus hubung singkat.
2. Proteksi jenis arus lebih ( OCR ) diletakkan di bagian dekat dengan sumber sebagai pelindung peralatan-peralatan utama di Gardu Induk, diletakkan di bagian percabangan dan diletakkan di bagian ujung jaringan sebagai proteksi ganda.
3. Proteksi jenis pelebur ( FCO ) diletakkan di ujung jaringan sebagai pengaman adanya gangguan dan sebagai pembatas. FCO tidak diletakkan di bagian percabangan dan bagian dekat sumber, karena beban pada bagian percabangan dan dekat dengan sumber terlalu besar. Sedangkan pelepasan FCO itu harus mengurangi beban.
4. Pada bagian dekat sumber, dengan menggunakan konduktor jenis AAAC  $95 \text{ mm}^2$  didapatkan waktu ketahanan arus dari konduktor tersebut adalah 1,157 detik. Dari hasil simulasi saat terjadi gangguan hubung singkat, waktu dari OCR A memerintahkan CB1 untuk membuka adalah 0,146 detik dan waktu dari OCR A memerintahkan CB2 untuk membuka adalah 0,16 detik.
5. Pada bagian percabangan, dengan menggunakan konduktor jenis AAAC  $70 \text{ mm}^2$  didapatkan waktu ketahanan arus dari konduktor tersebut adalah 1,664 detik. Dari hasil simulasi, waktu dari OCR G memerintahkan CB 8 untuk membuka saat terjadi gangguan hubung singkat adalah 0,146 detik
6. Pada bagian ujung jaringan, dengan menggunakan konduktor jenis AAAC  $50 \text{ mm}^2$  didapatkan waktu ketahanan arus dari konduktor tersebut adalah 2,97 detik. Dari hasil simulasi, waktu dari OCR J memerintahkan CB11 untuk membuka saat terjadi gangguan hubung singkat adalah 2,307 detik
7. Pada bagian ujung jaringan lain yang juga di letakkan FCO, dengan menggunakan konduktor jenis AAAC  $25 \text{ mm}^2$ , didapatkan waktu ketahanan arus dari konduktor tersebut adalah 2,322 detik. Dari hasil simulasi, waktu kerja dari FCO C saat terjadi gangguan hubung singkat adalah 0,0629 detik
8. Dari hasil simulasi, baik OCR atau FCO sudah bekerja dengan baik karena mampu bekerja lebih cepat dari waktu ketahanan pembebanan arus pada konduktor.
9. Pada bagian ujung jaringan, OCR dan FCO sudah berkoordinasi dengan baik. Dimana saat terjadi gangguan hubung singkat, OCR mampu bekerja lebih cepat dari FCO.

#### Referensi

1. Erviana, Mira. *Optimasi Penempatan Kapasitor Bank pada Sistem Distribusi untuk Mereduksi Rugi Daya Menggunakan Particle Swarm Optimization*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro.Semarang 2012.
2. Mahardhika, Dhimas, *Simulasi Pengembangan Trafo Distribusi Berdasarkan Pertumbuhan Beban Menggunakan Model DKL 3,2 dan Software ETAP 7.0.0 Tahun 2012-2016 di UPJ Batang*. Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
3. *Fuse Cut Out*, <http://sapoean.wordpress.com.2011>
4. *Relay Arus Lebih Overcurrent Relay*, <http://www.scribd.com.2010>
5. Pradana Putradewa Jayawardana. *Analisa Pengaruh Penempatan Distributed Generation Terhadap Kestabilan Tegangan Pada Sistem Distribusi*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro.Semarang 2012.
6. Dinas PSDA dan ESDM Kab. Banjarnegara.2012."Kegiatan Penyusunan Raperda Energi".Banjarnegara.Bab 2.Hal 4-7.
7. Nurullita, Hasta. *Analisa Koneksi PLTA Wonogiri Pada Sistem GI Wonogiri JTM 20 KV Dengan Software ETAP 7.0.0*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro.Semarang 2012.
8. Arismunandar, Artono. "Teknik Tegangan Tinggi, Jilid II : Saluran Transmisi", Pradnya Paramita, Jakarta. 1984.
9. Arifin Matoka, Yasin Mohamad .2009."Kajian Potensi Energi Listrik Mikrohidro Pada Saluran Irigasi Propinsi Gorontalo Untuk Menunjang Elektrifikasi Pertanian". Penelitian Kerja Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Gorontalo sama Pemda Kab. Gorontalo
10. Warsito, Adhi. *Analisis Evaluasi Setting Relay OCR Sebagai Proteksi Pada Jaringan Distribusi Dengan Pembangkitan Terdistribusi (Studi Kasus Pada Penyulang BSB 4,Kendal-Jawa Tengah)*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro.Semarang 2013.
11. Setiawati, Rahmahani. "Evaluasi Setting Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser dengan Relay Outgoing Pandean Lamper 5 Menggunakan Simulasi Software Electric Transient Analysis Program (ETAP) 7.5". Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia. 2013.
12. Perusahaan Umum Listrik Negara. "SPLN 52-3 : 1983, Pola Pengamanan Sistem, Bagian Tiga : Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV". Indonesia. 1983.
13. Silitonga, Melfa. "Analisis Optimum Distributed Generation Pada Keluaran Transformator Unit 1 Kapasitas 30 MVA Di GI MRICA Kabupaten Banjarnegara dengan Software ETAP 7.0.0.". Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia. 2013.