

## SIMULASI KOORDINASI ARUS RELAY LEBIH POLA NON KASKADE

### NON CASCADE SYSTEM COORDINATION OF OVER CURRENT RELAY FOR IMPROVING TRANSFORMER PROTECTION

Hari Prasetijo<sup>1</sup>, Widhiatmoko H.P.<sup>1</sup>, Edwin Triwijaya<sup>1</sup>

\*Email: [aydinhari@yahoo.com](mailto:aydinhari@yahoo.com)

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

---

**Abstrak**— Dibutuhkan pola koordinasi antar *Over Current Rating* (OCR) agar diperoleh sistem pengamanan yang handal dalam mengamankan transformator dari gangguan arus lebih. Pola koordinasi yang digunakan di Gardu Induk 150 kV Rawalo saat ini adalah pola koordinasi kaskade, namun kelemahan pada pola ini adalah pengaturan waktu kerja OCR *incoming* selama 1 detik, sehingga jika terjadi kegagalan kerja pada OCR *feeder* maka transformator akan terganggu selama 1 detik. Oleh karena itu, dibutuhkan pola koordinasi baru yang tidak mengabaikan selektifitas sistem pengamanan dan dapat mempercepat waktu kerja OCR *incoming* yaitu pola koordinasi non-kaskade. Studi ini dilakukan untuk menganalisa penerapan pola koordinasi OCR non-kaskade di Gardu Induk 150 kV Rawalo. Untuk mengetahui kinerja pola koordinasi non-kaskade dilakukan simulasi pada Matlab Simulink 7.0.1. Hasil simulasi kinerja pola non-kaskade jika OCR *feeder* mengalami kegagalan kerja maka OCR *incoming* akan bekerja 0,6 detik setelah gangguan terjadi, sehingga transformator hanya akan terganggu selama 0,6 detik.

**Kata kunci** — *Over Current Relay* (OCR), koordinasi, Non-kaskade, Kaskade.

---

**Abstract**—Coordination between OCR is needed to obtain a reliable security system in securing the transformer from overcurrent. The coordination used in the Rawalo 150 kV substation at present is cascade system. The disadvantage this system is setting the OCR incoming working time for 1 second, so if the OCR feeder failure the transformer will be affected by fault current for 1 second. Therefore, a new coordination system is needed that does not ignore the selectivity of the security system and can accelerate OCR incoming work time, namely the non-cascade system coordination. This study was conducted to analyze the application of a non-cascade system OCR coordination at 150 kV Rawalo Substation. To find out the performance of the non-cascade system coordination a simulation was performed on Matlab Simulink 7.0.1. Non-cascade performance simulation results if the OCR feeder failure working work failure, the incoming OCR will work 0.6 seconds after the disturbance occurs, so the transformer will only be affected by fault current for 0.6 seconds.

**Keywords** — *Over Current Relay* (OCR), Coordination, Non-cascade, Cascade.

---

## I. PENDAHULUAN

Pada sistem tenaga listrik gangguan paling banyak terjadi pada sistem distribusi, hampir 90%, khususnya pada feeder tegangan menengah [1,2]. Relay yang umum digunakan sebagai proteksi arus lebih pada *feeder* adalah *over current relay* (OCR) [3]. OCR berfungsi sebagai peralatan proteksi untuk mencegah kerusakan peralatan utama gardu induk, seperti transformator, serta mengurangi terhentinya suplai listrik pada jaringan yang tidak terganggu [4].

OCR pada sistem distribusi terdapat pada sisi 20 kV transformator (OCR *incoming*) dan pada *feeder*

(OCR *feeder*). Sehingga koordinasi *relay* tersebut menentukan kontinuitas suplai listrik serta saidi-saifi [5]. Oleh karena itu perlu dilakukan setting koordinasi yang tepat antara OCR yang terpasang di penyulang (*feeder*) dengan OCR yang terpasang di *incoming* gardu induk agar didapat kerja relai yang selektif, peka dan handal [6,7].

Studi ini akan membandingkan pola koordinasi proteksi arus lebih eksisting di Gardu Induk (GI) 150 kV Rawalo yang menggunakan pola koordinasi kaskade dengan pola koordinasi non-kaskade. Pembahasan ditujukan untuk menganalisa waktu kerja OCR *feeder* dan OCR *incoming* untuk

mengurangi pembebanan transformator oleh arus hubung singkat. Dengan pola kaskade waktu kerja OCR *incoming* menjadi lebih singkat dalam mengatasi arus gangguan yang besar sehingga mengurangi resiko kerusakan transformator.

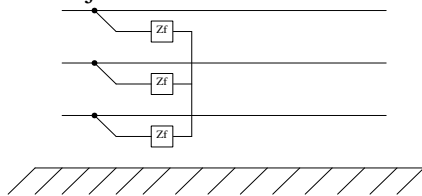
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Gangguan Sistem Distribusi

Gangguan pada sistem distribusi ada 3 yaitu : gangguan 3 fasa, gangguan fasa ke fasa dan gangguan satu fasa ke tanah [8].

#### II.1.1 Gangguan Tiga Fasa

Gangguan tiga fasa merupakan gangguan hubung singkat ketiga fasanya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Pada gangguan tiga fasa ini komponen simetris yang muncul adalah komponen urutan positif saja.



Gambar-1. Gangguan Tiga Fasa.

Persamaan arus hubung singkat tiga fasa [9] :

$$I_{hs\ 3\phi} = \frac{E / \sqrt{3}}{Z_1 + Z_f} \quad (1)$$

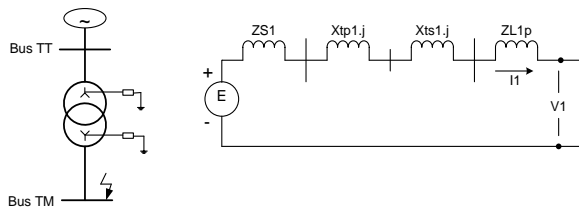
dengan:

E = Tegangan fasa

$Z_1$  = Impedansi urutan positif (Ohm)

$Z_f$  = Impedansi gangguan (Ohm)

Gambar 2 adalah rangkaian pengganti analisa hubung singkat 3 fasa.

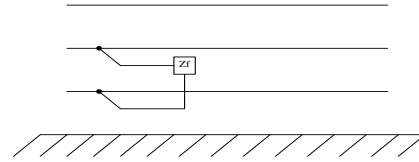


Gambar-2 Rangkaian Ganti Hubung Singkat 3 Fasa.

#### II.1.2 Gangguan Fasa ke Fasa

Gangguan fasa ke fasa (2 fasa) merupakan gangguan hubung singkat yang menghubungkan kedua fasanya, seperti yang ditunjukkan pada

gambar 3. Pada gangguan fasa ke fasa ini komponen simetris yang muncul yaitu komponen urutan positif dan komponen urutan negatif.



Gambar-3 Gangguan Fasa ke Fasa.

Persamaan arus hubung singkat 2 fasa :

$$I_{hs\ 2\phi} = \frac{E}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (2)$$

dengan:

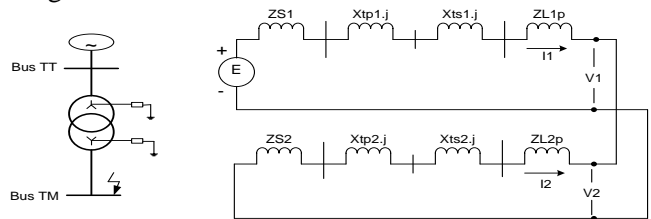
E = Tegangan Fasa

$Z_1$  = Impedansi urutan positif (Ohm)

$Z_f$  = Impedansi gangguan (Ohm)

$Z_2$  = Impedansi urutan negatif (Ohm)

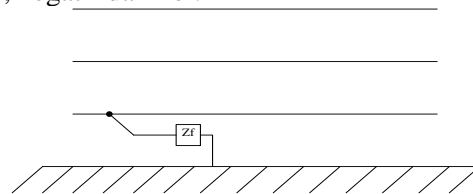
Gambar 4 rangkaian pengganti analisa hubung singkat 2 fasa.



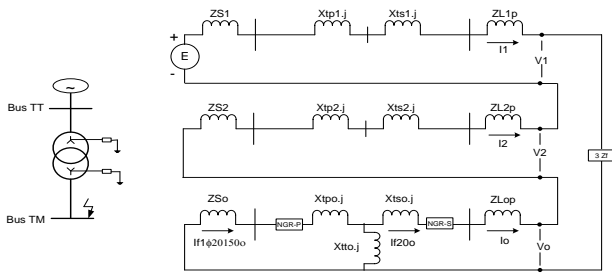
Gambar-4 Rangkaian Ganti Hubung Singkat 2 Fasa.

#### II.1.3. Gangguan Satu Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah merupakan gangguan hubung singkat yang menghubungkan salah satu fasa ke tanah, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Pada gangguan ini komponen simetris yang akan muncul yaitu komponen urutan positif, negatif dan nol.



Gambar-5 Gangguan Satu Fasa Ke Tanah.



**Gambar-6** Rangkaian Ganti Hubung Singkat satu Fasa ke Tanah.

Gambar 6 rangkaian pengganti analisa hubung singkat 1 fasa Rumus gangguan 1 fasa ke tanah :

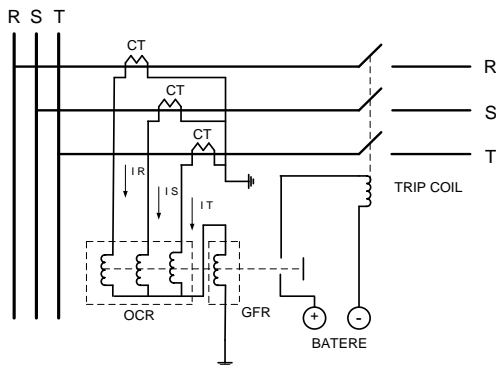
$$I_{hs\ 1\phi} = \frac{3E}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \quad (3)$$

dengan:

- E = Tegangan Fasa
- $Z_1$  = Impedansi urutan positif (Ohm)
- $Z_f$  = Impedansi gangguan (Ohm)
- $Z_2$  = Impedansi urutan negatif (Ohm)
- $Z_0$  = Impedansi urutan nol (Ohm)

### II.2 Over Current Relay (OCR)

*Over current relay* (Relai arus lebih) adalah relai yang bekerja terhadap arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat 2 fasa atau 3 fasa dan memberikan perintah trip ke PMT bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya ( $I_{set}$ ) [10]. Gambar 7 menunjukkan rangkaian ganti *over current relay*.



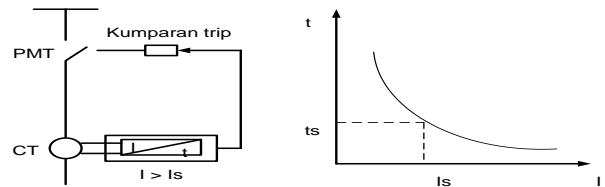
**Gambar-7.** Rangkaian *Over Current Relay* (OCR).

Pada dasarnya relai arus lebih adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan transformator arus. Pada transformator berkapasitas besar, *over current relay*

hanya berfungsi untuk pengaman cadangan (*back-up protection*).

### II.3. Karakteristik *Inverse Time Relay* OCR

Relai ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Gambar 8 menunjukkan rangkaian dan kurva karakteristik relai OCR waktu terbalik.



**Gambar-8.** Karakteristik Relai Waktu Terbalik.

Karakteristik waktu terbalik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok [11,12], yaitu:

#### 1. *Standard Inverse* (SI)

*Setting* waktu relai *standard inverse* dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{0,14}{\left(\frac{I_{gangguan}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times tms \quad (4)$$

#### 2. *Very Inverse* (VI)

*Setting* waktu relai *very inverse* dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{13,5}{\left(\frac{I_{gangguan}}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times tms \quad (5)$$

#### 3. *Long Time Inverse* (LTI)

*Setting* waktu relai *long time inverse* dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{120}{\left(\frac{I_{gangguan}}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times tms \quad (6)$$

#### 4. *Extremely Inverse* (EI)

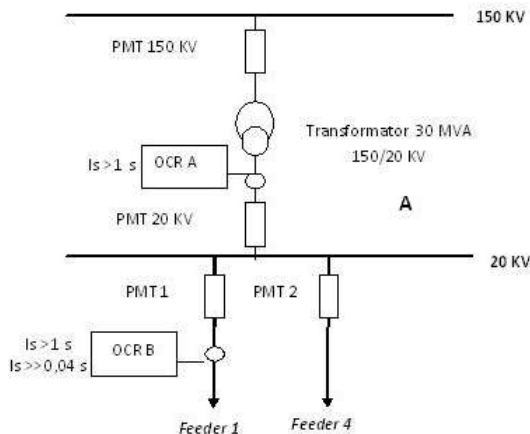
*Setting* waktu relai *Extremely inverse* dapat diketahui dengan persamaa berikut

$$t = \frac{80}{\left(\frac{I_{\text{gangguan}}}{I_{\text{set}}}\right)^2 - 1} \times \text{tms} \quad (7)$$

## II.4. Pola Koordinasi OCR

Pola koordinasi antara OCR *feeder* dan OCR *incoming* terdiri dari pola koordinasi kaskade dan non-kaskade.

### 1. Pola Koordinasi Kaskade



Gambar-9. Single line koordinasi OCR kaskade.

Pola pengaman ini merupakan pola pengaman bertingkat. artinya apabila terjadi gangguan pada *feeder* 20 kV maka yang pertama bekerja adalah pada OCR *feeder*, jika tidak teratasi maka OCR *incoming* yang akan bekerja. Jalur seperti inilah yang menyebabkan sistem kaskade disebut pola pengaman bertingkat. Gambar 9 menunjukkan *single line* koordinasi kaskade.

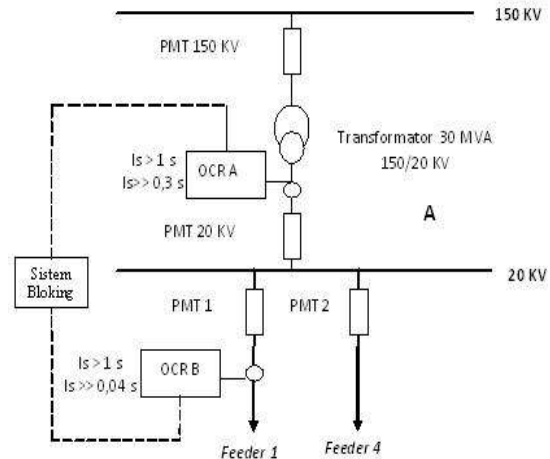
### 2. Pola Koordinasi Pengaman Non-kaskade

Tujuan dari penggunaan pola pengaman non-kaskade adalah untuk meningkatkan keamanan peralatan dan sekaligus meningkatkan keandalan pasokan daya ke sistem 20 kV. Pola pengaman non-kaskade akan sangat mempengaruhi kerja relai OCR disisi *incoming* waktu kerjanya dipercepat sehingga *clearing time* gangguan akan lebih cepat sehingga peralatan juga akan jauh lebih aman. Gambar 10. menunjukkan *single line* koordinasi non-kaskade.

## III. METODE

Metode yang digunakan dalam studi ini adalah perhitungan dan simulasi. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui arus hubung singkat 3 fasa, fasa ke fasa dan fasa ke tanah yang digunakan untuk

setting OCR *feeder* dan OCR *incoming*. Simulasi dilakukan untuk mengamati besar arus sebelum dan setelah terjadi gangguan serta waktu kerja OCR *feeder* dan OCR *incoming* dengan pola koordinasi kaskade serta pola koordinasi non-kaskade.



Gambar-10 Single Line koordinasi OCR non-kaskade.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1. Analisis Hubung Singkat

Data impedansi (Z) dan arus hubung singkat 3 fasa maksimal gardu induk 150 KV Rawalo yaitu:

Z urutan positif	Z1 = 0,0026 + j 0,0198 Ω
Z urutan negatif	Z2 = 0,0025 + j 0,0207 Ω
Z urutan nol	Z0 = 0,0035 + j 0,0199 Ω
Ihs 3 fasa max	Ihs = 21,0385 KA

#### 1. Menghitung MVA sistem

$$\begin{aligned} \text{MVAhs} &= \text{Tegangan Nominal} \times \text{Isc 3 ph} \\ &= 150 \text{ KV} \times \sqrt{3} \times 21,0385 \text{ KA} \\ &= 5465,963 \text{ MVA} \end{aligned}$$

#### 2. Menghitung arus nominal tranformator

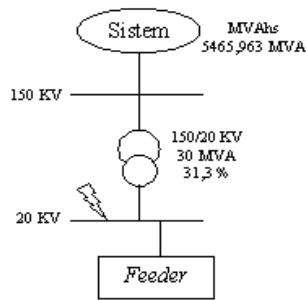
##### a. Perhitungan arus nominal sisi primer (150 KV)

$$\begin{aligned} I_n (150 \text{ KV}) &= \frac{\text{Daya Nominal Transformator}}{\text{Tegangan Nominal} \times \sqrt{3}} \\ &= \frac{30 \text{ MVA}}{150 \text{ KV} \times \sqrt{3}} = 115,470 \text{ A} \end{aligned}$$

##### b. Perhitungan arus nominal sisi 20 KV

$$\begin{aligned} I_n (20 \text{ KV}) &= \frac{\text{Daya Nominal Transformator}}{\text{Tegangan Nominal} \times \sqrt{3}} \\ &= \frac{30 \text{ MVA}}{20 \text{ KV} \times \sqrt{3}} = 866,025 \text{ A} \end{aligned}$$

##### c. Perhitungan Arus Hubung Singkat di *Incoming*



Gambar-11. Single Line gangguan incoming

Dari gambar 11 maka arus hubung singkat di incoming :

1. Perhitungan Impedansi Jaringan ( $Z_N$ )

$$Z_N = \frac{MVAtrafo}{MVAhs} = \frac{30 \text{ MVA}}{5465,963 \text{ MVA}} = j0,005 \text{ pu}$$

2. Perhitungan Impedansi Transformator ( $Z_T$ )

$$Z_T = 31,3\% = j0,313 \text{ pu}$$

3. Perhitungan Impedansi Line ( $Z_L$ )

$Z_{kabel}$  = jumlah kabel per fasa x panjang kabel x impedansi kabel  
 =  $1 \times 0,06 \text{ km} \times 0,126 \text{ ohm/km}$   
 =  $0,008 \text{ ohm}$

$$Z_L = \frac{\text{MVA transformator}}{(KV)^2} \times Z_{kabel}$$

$$= \frac{30}{20^2} \times 0,008 \Omega$$

$$= j6 \times 10^{-4} \text{ pu}$$

Maka,  $Z_1 = Z_N + Z_T + Z_L = j0,05 + j0,313 + 6 \times 10^{-4} = j0,139 \text{ pu}$

Arus hubung singkat 3 fasa incoming adalah:

$$I_{hs \ 3\phi} = \frac{E}{Z_1} = \frac{1}{j0,139} = \frac{1 \angle 0^\circ}{0,139 \angle 90^\circ} = 3,135 \angle -90^\circ \text{ pu}$$

$$I_{hs \ 3\phi} = I_{hs \ 3\phi} (\text{pu}) \times I_{dasar \ 20 \text{ KV}}$$

$$= 3,135 \angle -90^\circ (\text{pu}) \times 866,025 \text{ A}$$

$$= 2714,988 \angle -90^\circ \text{ A}$$

Arus hubung singkat 2 fasa :

$$I_{hs \ 2\phi} = \frac{E}{Z_1 + Z_1 + Z_f}$$

$$I_{hs \ 2\phi} = \frac{1}{(0 + j0,319) + (0 + j0,319)}$$

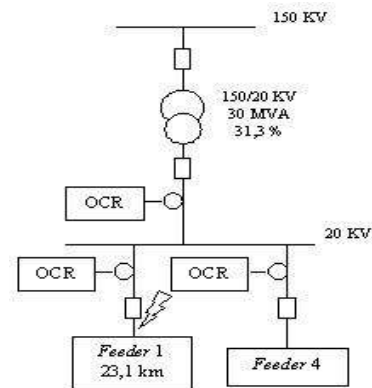
$$= \frac{1}{0 + j0,638} = \frac{1 \angle 0^\circ}{0,638 \angle 90^\circ}$$

$$= 1,567 \angle -90^\circ \text{ pu}$$

$$= 2,714 \angle 180^\circ \times 866,025 \text{ A}$$

$$= 2350,392 \angle 180^\circ \text{ A}$$

d. Perhitungan Hubung Singkat di Feeder



Gambar-12. Single Line Gangguan Feeder

Dari gambar 12 maka dapat dihitung arus hubung singkat di feeder:

1. Perhitungan Impedansi Jaringan ( $Z_N$ )

$$Z_N = \frac{KV^2}{MVAhs} = \frac{20 \text{ KV}^2}{5465,963 \text{ MVA}} = j4,116 \Omega$$

$$Z_s (20 \text{ KV}) = \frac{(V_n \ 20KV)^2}{(V_n \ 150KV)^2} \times Z_s (150 \text{ KV})$$

$$= \frac{(20 \text{ KV})^2}{(150 \text{ KV})^2} \times j4,116 \Omega$$

$$= j0,073 \Omega$$

2. Perhitungan Impedansi Transformator ( $Z_T$ )

$$Z_T = \frac{(KV)^2}{\text{MVA}} \times \text{impedansi transformator dalam pu}$$

$$= \frac{20^2}{30} \times 0,313 \text{ pu}$$

$$= j4,173 \Omega$$

3. Perhitungan Impedansi 1% panjang Feeder 1 ( $Z_F$ )

impedansi kawat feeder  $Z_1=Z_2$  sebesar  $0,134 + j0,316 \Omega$   
 panjang feeder 1 adalah 23,52 km, jadi impedansi 1% km feeder 1 adalah:  
 $Z_F = 1\% \times \text{panjang total feeder} \times \text{impedansi kawat}$

$$= 1\% \times 23,52 \text{ km} \times (0,134 + j0,316) \text{ ohm/km}$$

$$= 0,032 + j0,074 \text{ ohm}$$

Maka  $Z_1 = Z_S + Z_T + Z_{feeder}$

$$= j0,073 + j4,173 + (0,032 + j0,074)$$

$$= 0,032 + j4,32 \text{ ohm}$$

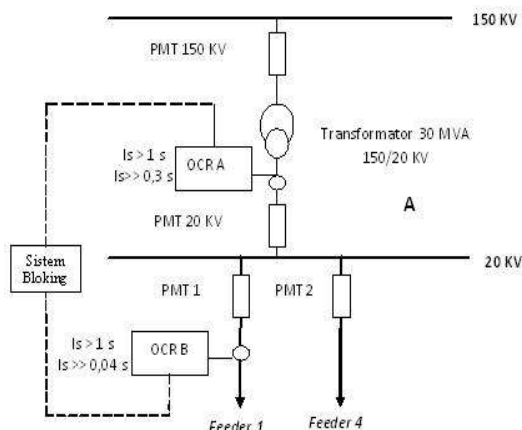
Jadi arus hubung singkat 2 phasa (Ihs 2 phasa):

$$= 20 \text{ KV} / ((0,032 + j4,32) + (0,032 + j4,32))$$

$$= 2314,751 \text{ A}$$

#### IV.2. Simulasi

Gambar 13 merupakan *single line* diagram GI yang akan disimulasikan.



Gambar-13. *Single line* transformator dan feeder

*Single line* diagram tersebut digambarkan dalam rangkaian Simulink seperti dalam gambar 14.

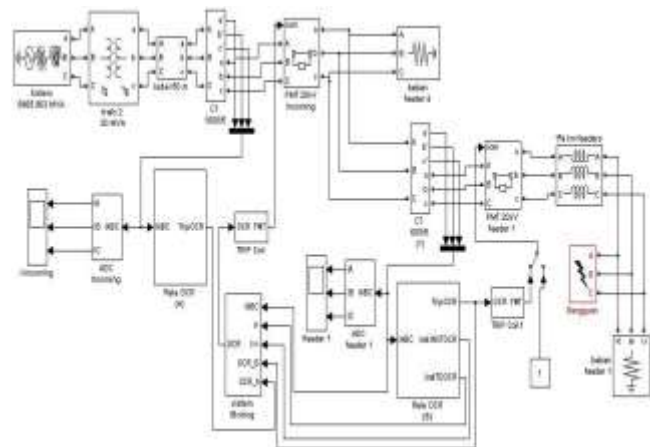
#### IV.3. Pembahasan

Setelah menggambarkan topologi jaringan feeder 1 dan memasukkan parameter-parameter yang dibutuhkan, maka langkah pertama sebelum melakukan simulasi adalah menyeting parameter simulasi dan waktu simulasi. Setting parameter yang digunakan adalah od23tb (stif / TRBD-2), dan dengan waktu simulasi 1,5 detik.

Adapun simulasi yang akan dilakukan terdiri dari 3 kondisi gangguan yaitu:

- 1) Simulasi kondisi pertama, kondisi ketika terjadi gangguan di feeder 1 dengan jarak 1% dari panjang total feeder 1 dengan arus gangguan sebesar 2,5 kali Iset OCR feeder 1 (2,5 x Is).

- 2) Simulasi kondisi kedua, kondisi dengan titik gangguan yang sama pada kondisi pertama namun dengan arus gangguan 9 kali Iset OCR feeder 1 (9 x Is).
- 3) Simulasi kondisi ketiga, kondisi dengan titik gangguan yang sama pada kondisi pertama namun arus gangguan sebesar 9 kali Iset OCR feeder 1 (9 x Is) dan kondisi PMT feeder 1 dalam keadaan macet.



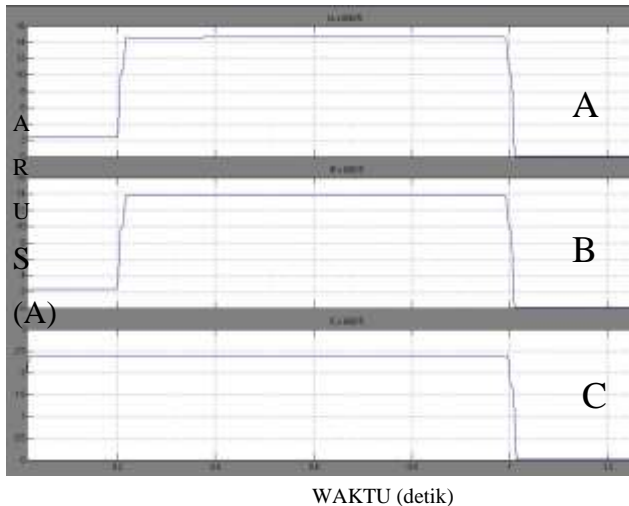
Gambar-14 Gambar simulasi OCR pada Simulink

#### A. Simulasi Kondisi Pertama

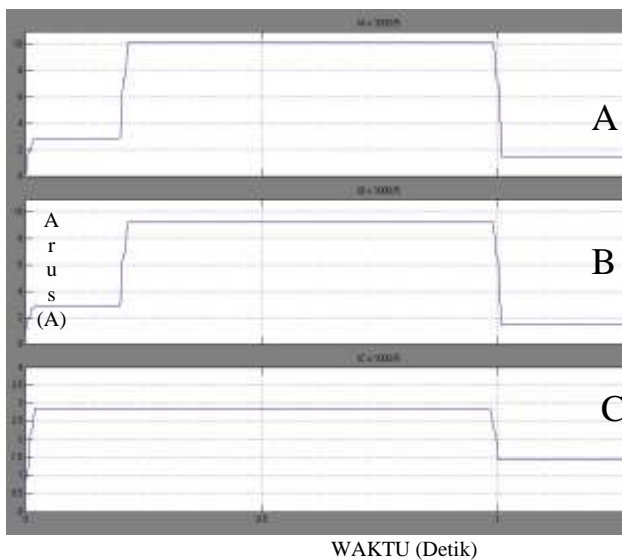
Untuk melakukan simulasi ini untuk parameter gangguan terjadi di set pada phasa A dan phasa B, dan untuk gangguan akan terjadi dari detik 0,2 sampai 1 detik ketika simulasi di jalankan. Pada gambar 15 dimana pengamatan dilakukan pada feeder terlihat bahwa pada saat 0.2 detik setelah simulasi dijalankan, terjadi gangguan arus hubung singkat antara Phasa A dan phasa B di feeder 1. Arus hubung singkat yang terjadi adalah sebesar 15 A pada sisi sekunder CT. Karena arus hubung singkat yang terjadi sebesar 2,5 kali Iset OCR feeder Maka, setting waktu tunda OCR B (feeder) akan mendeteksi arus hubung singkat tersebut dan akan mentriapkan PMT dengan waktu tunda sebesar 0,8 detik dari sesaat terjadinya gangguan tersebut (0,2 detik).

Sedangkan gambar 16 merupakan hasil dari simulasi pada kondisi 1 dimana pengamatannya dilakukan pada sisi *incoming*nya. Sama halnya dengan OCR B

(feeder), OCR A (incoming) juga akan mendeteksi adanya gangguan arus lebih yang terjadi di feeder.



Gambar-15. Hasil Simulasi Kondisi 1 di Feeder

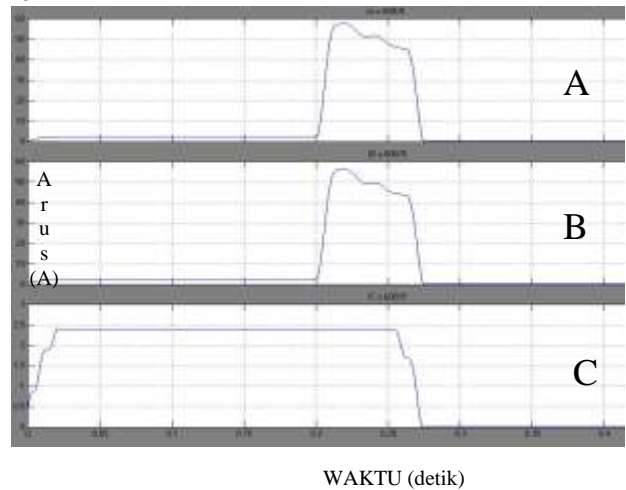


Gambar-16 Hasil Simulasi Kondisi 1 di Incoming

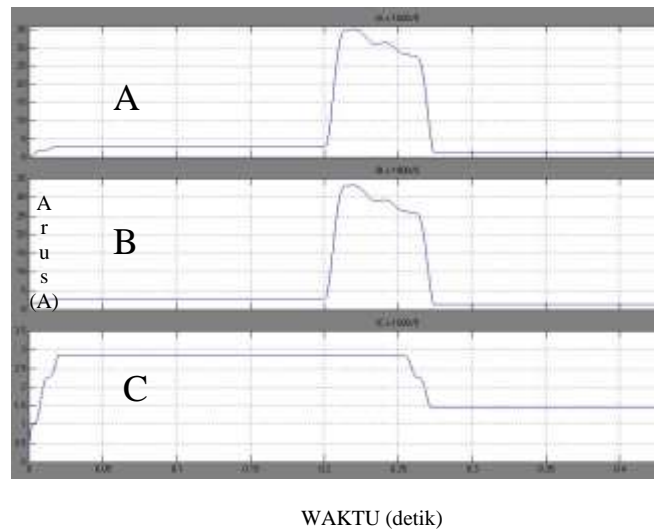
Akan tetapi karena gangguan yang terjadi ada pada daerah kerja dari OCR B (feeder) dan karena adanya koordinasi setting antara OCR feeder dengan OCR incoming maka gangguan tersebut dapat diatasi oleh OCR di feeder. Sehingga pada simulasi kondisi pertama ini setting dan koordinasi OCR dapat dikatakan berjalan dengan baik.

### B. Simulasi Kedua

Untuk melakukan simulasi ini untuk parameter gangguan terjadi di set pada fasa A dan fasa B, dan untuk gangguan akan terjadi dari detik 0,2 sampai 1 detik ketika simulasi di jalankan.



Gambar-17 Hasil Simulasi Kondisi 2 di Feeder



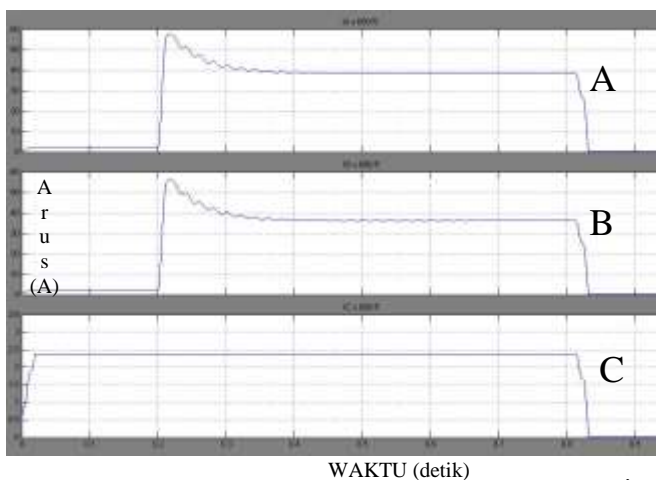
Gambar-18 Hasil Simulasi Kondisi 2 di Incoming

Pada gambar 17 dimana pengamatan dilakukan pada feeder terlihat bahwa pada saat 0,2 detik setelah simulasi dijalankan, terjadi gangguan arus hubung singkat antara Fasa A dan fasa B di feeder 1. Arus hubung singkat yang terjadi adalah sebesar 57 A pada sisi sekunder CT. Karena arus hubung singkat yang terjadi sebesar 9 kali Iset OCR feeder maka setting instan OCR B (feeder) akan mendeteksi arus hubung singkat tersebut serta

mengirimkan sinyal bloking pada OCR *incoming* agar tidak bekerja, dan selanjutnya akan mentriapkan PMT *feeder* dengan waktu sebesar 0,04 detik dari sesaat terjadinya gangguan tersebut atau bisa dikatakan tanpa waktu tunda.

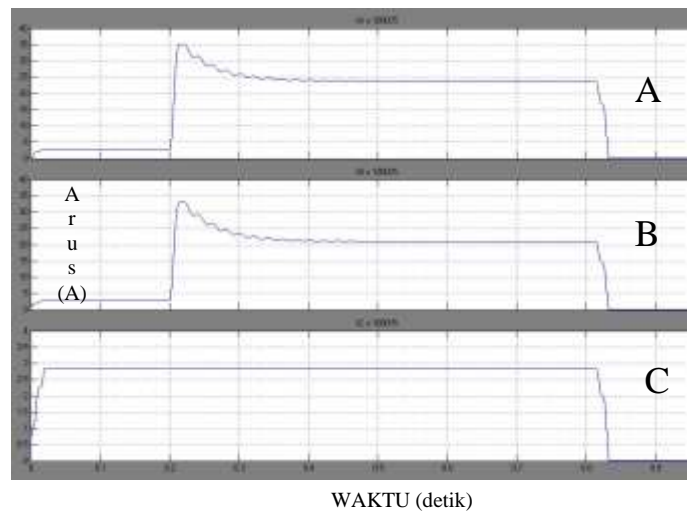
Gambar-18 merupakan hasil dari simulasi pada kondisi 2 dimana pengamatannya dilakukan pada sisi *incoming*nya. Sama halnya dengan OCR B (*feeder*), OCR A (*incoming*) juga akan mendeteksi adanya gangguan arus lebih yang terjadi di *feeder*. Akan tetapi karena gangguan yang terjadi ada pada daerah kerja dari OCR B (*feeder*) dan karena adanya koordinasi *setting* antara OCR *feeder* dengan OCR *incoming* maka gangguan tersebut dapat diatasi oleh OCR di *feeder*. Sehingga pada simulasi kondisi kedua ini *setting* dan koordinasi OCR dapat dikatakan berjalan dengan baik

### C. Simulasi Ketiga



**Gambar 19** Hasil Simulasi Kondisi 3 di *Feeder*

Pada gambar 19 dimana pengamatan dilakukan pada *feeder* terlihat bahwa pada saat 0,2 detik setelah simulasi dijalankan, terjadi gangguan arus hubung singkat antara Phasa A dan phasa B di *feeder* 1. Arus hubung singkat yang terjadi adalah sebesar 57 A pada sisi sekunder CT. Karena arus hubung singkat yang terjadi sebesar 9 kali Iset OCR *feeder* maka, *setting* instan OCR B (*feeder*) akan mendeteksi arus hubung singkat tersebut dan seharusnya akan mentriapkan PMT dengan waktu sebesar 0,04 detik, namun karena kondisi PMT *feeder* macet (rusak) maka PMT *feeder* tidak dapat membuka (*trip*).



**Gambar-20** Hasil Simulasi Kondisi 3 di *Incoming*

Gambar-20 merupakan gambar yang menunjukkan hasil simulasi kondisi ketiga dimana apengamatannya dilihat dari sisi *incoming*. pada gambar terlihat bahwa arus yang sangat besar dirasakan juga oleh OCR A (*incoming*) namun karena adanya sinyal bloking dari OCR *feeder* maka untuk beberapa saat OCR *incoming* tidak bekerja. Akan tetapi OCR *feeder* tidak dapat mengatasi gangguan yang terjadi karena PMT *feeder* macet. Karena OCR *incoming* waktu kerja instannya di set 0,3 detik. Maka setelah 0,3 detik gangguan, OCR *incoming* akan mengambil alih (*membackup*) tugas dari OCR *feeder* yang gagal menyelesaikan gangguan tersebut. Namun OCR *incoming* pun harus menunggu izin dari OCR *feeder* untuk bekerja dengan menonaktifkan sistem bloking. Dalam simulasi ini penonaktifan sistem bloking yaitu 0,3 detik setelah OCR *feeder* bekerja. Jadi OCR *incoming* akan mentriapkan PMT *incoming* dalam waktu  $0,3 + 0,3 = 0,6$  detik setelah gangguan terjadi atau 0,8 detik setelah simulasi berjalan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk simulasi kondisi ketiga ini pola koordinasi non-kaskade berjalan sesuai rencana, sehingga simulasi kondisi ketiga ini dapat dikatakan berhasil.



## V. PENUTUP

Dari hasil penelitian dan simulasi mengenai *Over Current Relay* (OCR) yang dikoordinasikan non-kaskade di gardu induk 150 KV Rawalo dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

### A. Kesimpulan

1. Dari hasil simulasi, *setting* waktu tunda untuk OCR yang dikoordinasikan non-kaskade untuk OCR di-*incoming* yaitu arus *setting* waktu tunda ( $I_s >$ ) sebesar 5,25 A dengan karakteristik SI, Tap Iset 1,05 dan Tap TMS 0,1. Sedangkan untuk OCR di *feeder* 1 yaitu arus *setting* waktu tunda ( $I_s >$ ) sebesar 6 A dengan karakteristik VI, Tap Iset 1,2 dan Tap TMS 0,1.
2. Dari hasil simulasi, *setting* waktu instan OCR yang dikoordinasikan non-kaskade untuk OCR di-*incoming* yaitu arus *setting* instan ( $I_s \gg$ ) sebesar 17,32 A dengan Tap Iset  $\gg 4$  dan waktu kerja 0,3 detik. Sedangkan untuk OCR di *feeder* 1 yaitu arus *setting* instan ( $I_s \gg$ ) sebesar 23,09 A dengan Tap Iset  $\gg 4$  dan waktu kerja 0,04 detik.
3. Dari hasil simulasi kinerja OCR koordinasi non-kaskade lebih handal karena ketika terjadi arus hubung singkat antar fasa yang besar di *feeder* dengan kondisi PMT *feeder* macet (rusak) maka OCR *incoming* dapat mengatasi gangguan tersebut dengan waktu 0,6 detik lebih cepat 0,4 detik dari koordinasi OCR kaskade.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Li Wang, The Fault Causes of Overhead Lines in Distribution Network MATEC Web of Conferences, 2016, DOI: 10.1051/mateconf/20166102017
- [2] Akintola A A, Awosope C O A A, Critical Review of Distribution Substation System Reliability Evaluations International Journal of Advancements in Research & Technology, Volume 2017;6(6); 6 - 10.
- [3] Champa S, Vyas S R, *Protection of Industrial System Using Over Current Relay Co-Ordination-Review* International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 2017; 6(2); 923 – 931
- [4] Idoniboyeobu D C, Braide S L, Igbogidi O N, Improved Relay Coordination In Port Harcourt Distribution Network Case Study Of RSU 2 X 15MVA, 33/11kv Injection Substation American Journal of Engineering Research (AJER), 2018; 7(7), 43-56.
- [5] Pranayuda F, Solichan A, Prasetyo M T 2012 *Analisis Penyetelan Proteksi Arus Lebih Penyulang Cimalaka Di Gardu Induk 70 kV Sumedang* Jurnal Media ElektriKA, 2012; 5(2); 11-26.
- [6] Shobole A, Baysal M, Wadi M, Tur M R, Protection Coordination Practice in Electrical Substation Part-1 Overcurrent and Earth Fault Protection - Case Study of Siddik Kardesler Substation (SKS), Istanbul, Turkey GU J Sci, 2017 30(4): 180-198.
- [7] Mancer N, Mahdad B, Srairi K, Hamed M, Hadji B 2015 *Optimal Coordination of Directional Overcurrent Relays Using PSO-TVAC* Energy Procedia 74, 2015; 1239 – 1247
- [8] Setiawati N E, Pijiantara M, Anam S, Koordinasi Proteksi Directional Relay Dengan Mempertimbangkan Gangguan Arah Arus di Pabrik PT. Petrokimia Gresik Jurnal Trknik POMITS, 2016; 1(1), 1-6.
- [9] Erliwati, Syafii, Nurdin M., *Koordinasi Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Distribusi 20 kV GI Pauh Limo* Jurnal Nasional teknik Elektro Unand, 2015; 4(2); 140 – 150.
- [10] Prasetijo H. and Nugroho D. T., “Overcurrent relays coordination: comparison characteristics standar inverse, very inverse and extremely inverse,” J. Phys. Conf. Ser., 2019; 1367(1); doi: 10.1088/1742-6596/1367/1/012051.
- [11] Altuve H J, Zimmerman K, Tziouvaras, Maximizing Line Protection Reliability, Speed, and Sensitivity 70th Annual Georgia Tech Protective Relaying Conference Atlanta, Georgia, 2016 April 20–22
- [12] Hermawan E, Nugroho D 2017 *Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka* Jurnal Elektrum UMJ, 2017; 144(2); 43-48