

ANALISIS KOORDINASI DAN *SETTING OVER CURRENT RELAY* (OCR) PADA PEMAKAIAN DAYA SENDIRI PLTU SMS ENERGY MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP 12.6.0*

Nursalim¹, Agusthinus S. Sampeallo² Ahieser P. L. Willi³

^{1,2,3} *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Kupang-NTT, Telp. (0380) 881557, HP. 081239898101
Email : nursalim@staf.undana.ac.id*

ABSTRACT

The research aims to determine the size of the OCR Motor Pump, Grading Time OCR Motor Pump, coordination Motor Pump OCR and auxiliary OCR on PLTU SMS Energy in the Bolok industrial area. Research started by collecting electricity data PLTU SMS Energy in the form of secondary data. These data are used to create single line diagrams, simulations and analysis using ETAP 12.6.0. The results of the research get an OCR Setting with the following short-circuiting value parameters. Setting relay Bus 1 FCP with $I_p = 3$ A and $TMS = 0.1$ s, setting relay Auxiliary bus I with $I_p = 2$ A and $TMS = 0.21$ s, setting relay bus OutGoing 1 with $I_p = 0.6666$ A and $TMS = 0.30$ s and setting relay bus G1 with $I_p = 1$ A and $TMS = 0.45$ S. TMS OCR on Pump motor is plotted faster due to the most downstream OCR location with smaller short-circuited tension. From the coordinating curve of Grading Time obtained that has been in accordance with IEEE Standard 242-namely 0.2 – 0.4 seconds.

Keywords: *Over Current Relay, OCR Coordination, Grading time, OCR setting, ETAP 12.6.0*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran settingan OCR Motor Pump, Grading Time OCR Motor Pump, koordinasi OCR Motor Pump dan OCR auxiliary pada PLTU SMS Energi di kawasan industri Bolok. Penelitian diawali dengan mengumpulkan data kelistrikan PLTU SMS Energy berupa data sekunder. Data-data tersebut digunakan untuk membuat single line diagram, simulasi dan analisis menggunakan ETAP 12.6.0. Hasil Penelitian mendapatkan Settingan OCR dengan parameter nilai arus hubung singkat sebagai berikut. Setting Rele Bus 1 FCP dengan $I_p = 3$ A dan $TMS = 0,1$ s, Setting Rele Bus Auxiliary I dengan $I_p = 2$ A dan $TMS = 0,21$ s, Setting Rele Bus OutGoing 1 dengan $I_p = 0,6666$ A dan $TMS = 0,30$ s dan Setting Rele Bus G1 dengan $I_p = 1$ A dan $TMS = 0,45$ s. TMS OCR pada motor Pump disetting lebih cepat karena letak OCR paling hilir dengan gangguan hubung singkat lebih kecil. Dari koordinasi kurva didapatkan Grading Time yang sudah sesuai dengan standar IEEE 242-yakni 0.2 – 0.4 detik.

Kata Kunci: *Over Current Relay, Koordinasi OCR, Grading time, Settingan OCR, ETAP 12.6.0*

1. PENDAHULUAN

Pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik diperlukan suatu proteksi yang dapat menjamin keamanan sistem kelistrikan yang terpasang dari adanya gangguan. Sistem proteksi yang cepat, handal, selektif dan ekonomis merupakan syarat yang mutlak diperlukan sistem kelistrikan, misalnya sistem proteksi pada pembangkit tenaga listrik. Keandalan suatu sistem proteksi adalah hal yang sangat utama, untuk menjamin keamanan peralatan saat terjadi gangguan dan akan mampu melokalisir daerah gangguan, sehingga tidak mengganggu peralatan lain

yang tidak mengalami gangguan [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Santosa Makmur Sejahtera (SMS) Energy yang mulai beroperasi Juni 2016 merupakan bagian dari proyek pembangunan pembangkit listrik 35 ribu MW 2015-2019 yang digagas Presiden Joko Widodo. PLTU SMS Energy terdiri dari 2 buah generator dengan kapasitas masing - masing 18 MW yang berperan menyuplai daya pada jaringan transmisi 70 kV untuk mencukupi kebutuhan pelanggan, khususnya di Sistem Timor. Untuk itu, maka diperlukan keandalan yang tinggi dari sistem

kelistrikan serta kontinuitas dari operasi pembangkit yang ada. Dalam pengoperasiannya PLTU SMS Energy mengalami beberapa kali masalah, salah satunya adalah gangguan *short circuit* pada sistem 6 kV yang mengakibatkan beberapa kali unit motor trip [2].

Salah satu cara yang dilakukan untuk memperoleh keandalan sistem tenaga listrik adalah meningkatkan performa sistem proteksi dan koordinasi rele-rele pengamannya. Oleh sebab itu untuk meningkatkan performa sistem proteksi, maka perlu dilakukan analisis terhadap *settingan* dan koordinasi rele yang ada khususnya rele pengaman arus lebih. Analisis ini dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan dan simulasi koordinasi rele pengaman arus lebih tersebut. Dengan menganalisis *settingan* rele, diharapkan akan dapat mencegah atau membatasi kerusakan jaringan beserta peralatannya ketika terjadi gangguan dan juga mencegah putusnya suplai daya listrik pada daerah yang tidak ada gangguan.

Banyak penelitian yang membahas masalah tentang gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik yang merupakan gangguan hubung singkat yang akan menimbulkan arus yang cukup besar. Semakin besar sistemnya, maka semakin besar potensi gangguannya. Arus yang besar bila tidak segera dihilangkan akan merusak peralatan yang dilalui oleh arus gangguan. Untuk melepaskan daerah yang terganggu itu maka diperlukan suatu sistem proteksi yang dapat melepaskan atau membuka sistem yang terganggu, sehingga arus gangguan ini akan hilang.

Penelitian sebelumnya terkait koordinasi *Over Current Relay* (OCR) sebagai studi kasus telah dilakukan oleh [3] yang membahas studi koordinasi rele pengaman yang terpasang pada PLTU Rembang. Penelitian yang dilakukan oleh Luqman [4] yang membahas mengenai sistem proteksi, dan sistem pentanahan dari sebuah pabrik gas, juga menjelaskan tentang selektifitas proteksi *ground fault* untuk sistem 11 kV dengan *multiple bus* yang terhubung dengan beberapa generator, terhubung dengan beberapa bus *tie*, dan terinkoneksi dengan PLN. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh [5] terkait dengan *Studi Koordinasi Rele Proteksi Pada Sistem Kelistrikan PT. BOC GASES Gresik Jawa Timur* perlu dilakukan pengaturan ulang untuk rele arus lebih terutama pelindung motor dengan penambahan *time delay* sebesar 0,1 detik. Hal ini bertujuan agar

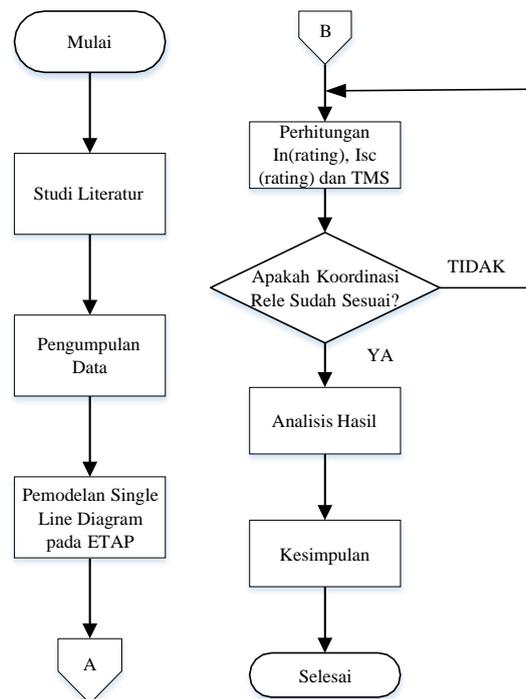
agar pengamanan dapat berjalan dengan lebih tepat dalam mengatasi gangguan yang terjadi. Pada rele arus lebih yang terletak pada *feeder* dan generator juga dilakukan pengaturan ulang untuk *setting* waktu dan *setting* arus sehingga keandalan sistem dapat terjaga dan bekerja lebih optimal.

Untuk menganalisa seberapa besar arus gangguan yang mungkin terjadi pada sistem 6 kV PLTU SMS Energy, maka diperlukan suatu analisa *short circuit* dan simulasi koordinasi peralatan proteksi dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 yang mampu menghitung dan mensimulasikan arus gangguan yang terjadi dalam sistem dan digunakan untuk mengatur dan mengoptimalkan koordinasi rele OCR pada sistem Motor *Pump* 6,3 kV *Auxiliary* PLTU MSE Energy.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Langkah Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung setting dan koordinasi rele proteksi OCR pada PLTU SMS Energy untuk mendapatkan koordinasi proteksi yang lebih baik. Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Proses Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PLTU SMS Energy, antara lain gambar single line diagram jaringan distribusi

pemakaian PLTU SMS Energy, data Generator, Reactor Auxiliary, data beban Motor, dan data kabel jaringan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Sistem Kelistrikan Beban Auxiliary PLTU SMS Energy

PLTU SMS Energy memiliki sistem kelistrikan *auxiliary* untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan di sistem pembangkit itu sendiri yang disebut jaringan Pemakaian Sendiri (PS). Pembangkit yang terpasang pada PLTU SMS Energy terdiri dari dua buah generator yaitu generator unit 3 dan 4 dengan kapasitas masing-masing 18 MW dengan output tegangannya sebesar 6,3 kV, sehingga tegangan yang diperlukan untuk sistem pemakaian sendiri motor *Feed Water Pump*(FWP) dan *Feed Circulating Pump* (FCP) langsung diambil dari keluaran generator melalui panel tersendiri. Dalam studi ini menjelaskan data sistem dan analisa sistem koordinasi proteksi *over current relay* pada sistem kelistrikan PLTU SMS Energy. Adapun data yang digunakan untuk analisis ini adalah seperti pada Tabel berikut:

Parameter Spesifikasi	Spesifikasi
Merk	Nanjing Turbine & Electric Machinery
Type	Type QW-12-2
Daya Aktif	18 MW
Daya Nyata	22,5 MVA
Tegangan	6,3 kV
Power Factor	0,80
Frequenci	50 Hz
RPM	3000 r/min
Jenis Rotor	Round
Eksitasi	Diode Brushless
Xd" (Reaktansi Subtransien)	26,4 %
Xd' (Reaktansi Transien)	27,4 %
Xd (Reaktansi urutan positif)	269 %
X2 (Reaktansi Urutan Negatif)	22,2 %
X0 (Reaktansi Urutan Nol)	11,1 %
Connection	Wye

Tabel 3 Data *Current Limiting Reactor*

Rate Voltage	6,3 kV
---------------------	--------

Rate Ampere	800 Amps
Z1	0,3 Ohms
Z0	0,3 Ohms
Tolerance	4 %

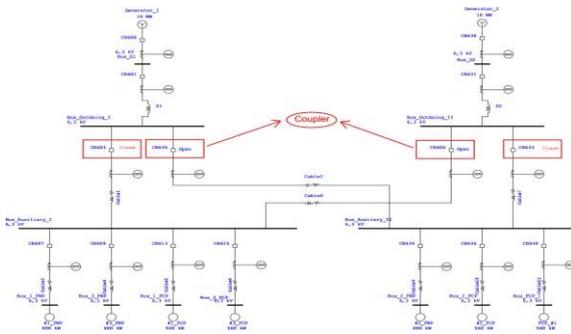
Arus hubung singkat dapat menyebabkan kerusakan pada saluran dan peralatan lain yang terhubung dalam jaringan PS. Untuk menjaga arus hubung singkat dalam batas aman, dapat dilakukan dengan menaikkan nilai reaktansi antara sumber tenaga dan lokasi gangguan. Salah satu metode yang digunakan untuk menaikkan nilai reaktansi dari jaringan tenaga listrik adalah dengan menggunakan peralatan *current limiting reactor*. *Current limiting reactor* digunakan untuk mengurangi arus yang dapat mengalir ketika terjadi hubung singkat, dengan tujuan untuk menurunkan tingkat *stress* pada konduktor, pemutus tenaga, dan peralatan lain yang dialiri arus gangguan. Hal ini memungkinkan untuk dapat menggunakan pemutus tenaga dengan kapasitas pemutusan yang rendah.

Tabel 4 Data Motor Induksi

Motor Feed Circulating Pump (FCP)		Motor Feed Water Pump (FWP)	
Rate Power	560 kW	Rate Power	800 kW
Rate Voltage	6.3 kV	Rate Voltage	6.3 kV
Cos Phi	0.90	Cos Phi	0.90
Speed	3000 rpm	Speed	3000 rpm

Feed Water Pump (FWP) mempunyai peranan penting untuk mensirkulasikan air demin dari *deaerator* menuju ke *steam drum*. PLTU SMS Energy mempunyai tiga FWP, generator 1 mempunyai 2 FWP dan generator 2 hanya terdapat 1 buah FWP. Untuk memompakan air laut sebagai media pendingin utama menuju *condenser* digunakan pompa yang disebut sebagai *Circulating Water Pump* (CWP). CWP di PLTU SMS Energy terdapat 4 buah, tiap unit membutuhkan 2 pompa untuk memompa air laut.

Berdasarkan pada data eksisting jaringan yang diperoleh maka dapat dibuat pemodelan diagram satu garis menggunakan program ETAP 12.6.0 seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Pemodelan *Single Line Diagram* Jaringan Distribusi PS 6.3 kV

Ada tiga macam kondisi jaringan yang harus diakomodasi oleh *setting* rele arus lebih pada jaringan PS PLTU SMS Energy. Tiga kondisi jaringan ini dapat dibedakan berdasarkan variasi pada *circuit breaker* yang dapat dilihat pada tabel 5. Pada kondisi normal beban disuplai Generator 1 dan generator 2 melalui CB603 dan CB633. CB635 dan CB605 berfungsi sebagai kopel apabila salah satu generator tidak beroperasi.

Tabel 5 Variasi Kondisi Jaringan

Kondisi Jaringan	Variasi <i>Circuit Breaker</i>			
	CB603	CB635	CB605	CB633
Kondisi Pertama	Close	Open	Open	Close
Kondisi Kedua	Close	Close	Open	Open
Kondisi Ketiga	Open	Open	Close	Close

Variasi Kondisi Jaringan berdasarkan Tabel 5, adalah sebagai berikut:

- Kondisi Jaringan Pertama dengan Variasi CB603 Close, CB635 Open, CB605 Open dan CB 633 Close**
 Pada kondisi Jaringan ini generator 1 dan generator 2 beroperasi normal untuk mensuplai beban motor
- Kondisi Jaringan Kedua dengan Variasi CB603 Close, CB635 Close, CB605 Open dan CB 633 Open**
 Pada kondisi jaringan ini generator 2 tidak beroperasi sehingga semua beban motor disuplai dari generator 1. Beban motor pada generator 2 disuplai dari generator 1 melalui CB635
- Kondisi Jaringan Ketiga dengan Variasi CB603 Open, CB635 Open, CB605 Close dan CB 633 Close**

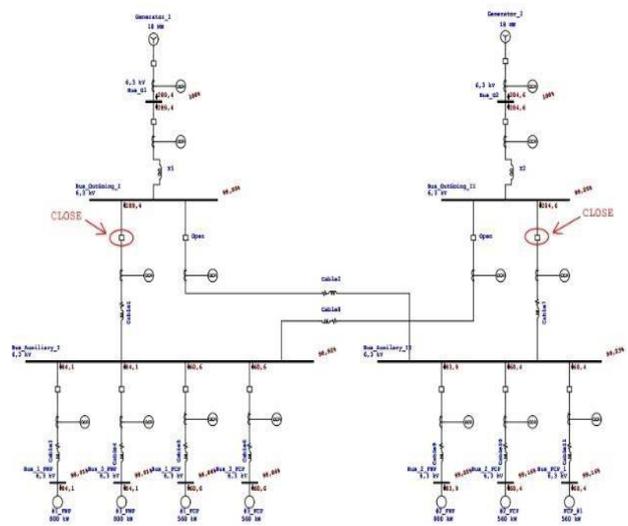
Pada kondisi jaringan ini generator 1 tidak beroperasi sehingga semua beban motor disuplai dari generator 2. Beban motor pada generator 1 disuplai dari generator 2 melalui CB605

Berdasarkan data peralatan maka dapat dilakukan studi perhitungan *Arus Short Circuit* saat gangguan dengan menggunakan software ETAP

12.6.0 kemudian hasil perhitungan program ETAP digunakan untuk menganalisis koordinasi sistem proteksi OCR dan menentukan *setting* proteksi OCR yang lebih optimal. Data Peralatan yang dimasukkan pada program ETAP diambil langsung pada *Single Line Diagram*. Beberapa data seperti tipe rele proteksi yang tidak terdapat pada *Library* ETAP 12.6.0 dipilih rele pada *Library* yang sesuai dengan kondisi aktual rele yang terpasang pada peralatan PLTU SMS Energy.

3.2 Pengujian Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)

Simulasi aliran daya dilakukan untuk mendapatkan nilai arus yang mengalir ketika beban beroperasi penuh. Simulasi dilakukan di ketiga kondisi jaringan. Nilai arus beban penuh akan digunakan untuk perhitungan nilai *setting* minimal arus *pickup* pada rele. Arus beban penuh yang akan digunakan pada perhitungan *setting* rele adalah arus beban penuh terbesar yang mengalir pada masing-masing *circuit breaker*. Analisis *load flow* pada penelitian ini dilakukan dengan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0. Pada ETAP 12.6.0 pilih menu "*Load Flow Analysis*" lalu pilih "*run*". Tampilan *load flow analysis* dapat dilihat pada Gambar 3. Sedangkan hasil simulasi *load flow* dapat dilihat pada tabel 6.



Gambar 3 Simulasi *load flow analysis* pada ETAP 12.6.0 kondisi Pertama

Tabel 6 Arus Beban Penuh Terbesar Hasil Report Manager Pada ETAP 12.6.0

No	Nama Bus	Arus Beban Penuh (Amp)
1	Bus_1_FCP	61,1
2	Bus_1_FWP	84,8
3	Bus_2_FCP	61,1
4	Bus_2_FWP	84,8
5	Bus_3_FCP	61,1
6	Bus_3_FWP	84,8
7	Bus_Auxiliary_II	207,0
8	Bus_Auxiliary_I	291,9
9	Bus_FCP_1	61,1
10	Bus_G1	498,8
11	Bus_G2	498,9
12	Bus_OutGoing_I	498,8
13	Bus_OutGoing_II	498,9

3.3 Analisis Gangguan Hubung Singkat

Simulasi arus hubung singkat dilakukan dengan ETAP 12.6.0 untuk mengetahui besarnya nilai arus gangguan. Analisis gangguan hubung singkat dilakukan dengan memberikan gangguan pada bus di *single line diagram* jaringan. Nilai arus hubung singkat ini akan digunakan sebagai batas maksimal untuk pemilihan nilai *setting* arus *pickup*. Nilai arus gangguan hubung singkat yang digunakan dalam perhitungan *setting* rele arus lebih adalah arus hubung singkat 3-fasa. Simulasi dilakukan pada tiga kondisi jaringan, kemudian dipilih nilai arus gangguan hubung singkat terkecil (minimum).

Hasil simulasi dari Lampiran 8, Lampiran 10 dan Lampiran 12 berupa laporan mengenai arus hubung singkat yang terjadi pada simulasi ETAP 12.6.0 terdapat pada *report manager*. Rekapitulasi arus gangguan hubung singkat 3-fasa minimum dari ketiga kondisi jaringan dari Lampiran 9, Lampiran 11 dan Lampiran 13 terdapat pada tabel 7.

Tabel 7 Tabel Arus Gangguan Hubung Singkat Minimum Hasil Simulasi ETAP 12.6.0

No	Nama Bus	Hubung Singkat 3 Fasa minimum (A)
1	Bus_1_FCP	4382
2	Bus_1_FWP	4530
3	Bus_2_FCP	4382
4	Bus_2_FWP	4530
5	Bus_3_FCP	4382
6	Bus_3_FWP	4530
7	Bus_Auxiliary_II	4546
8	Bus_Auxiliary_I	4546
9	Bus_FCP_1	4382
10	Bus_G1	7482

11	Bus_G2	7482
12	Bus_OutGoing_I	4560
13	Bus_OutGoing_II	4560

3.4 Diskriminasi Rele

Untuk menentukan nilai *setting* rele arus lebih yang terletak di beberapa titik, harus mempertimbangkan beberapa faktor agar terbentuk suatu koordinasi proteksi yang terkontrol dan tidak tumpang tindih antara rele satu dengan yang lainnya, sehingga antara rele utama dengan rele cadangan terdapat perbedaan keterlambatan yang telah ditentukan. Untuk itu, perlu adanya diskriminasi antara waktu dan arus untuk mengkoordinasi sistem rele proteksi. Berdasarkan *single line diagram* didapat 4 tahap ditinjau dari jarak rele terjauh sampai rele terdekat pembangkit. Setiap tahap memiliki perhitungan berbeda-beda. Tahap 1 merupakan titik terjauh rele dari pembangkit dengan waktu operasi rele tercepat dan *setting* arus pada titik terjauh adalah yang terkecil, diikuti tahap-tahap berikutnya. Tabel 8 menunjukkan perbedaan waktu operasi pada setiap tahap.

Tabel 8 Perbedaan Setting Waktu Operasi (Top) Pada Setiap Tahap

Tahap	Waktu Operasi (Top)
Tahap 1	0,3 s
Tahap 2	1,4 s
Tahap 3	2,53 s
Tahap 4	3,443 s

3.5 Setting Koordinasi Rele

Berikut adalah perhitungan arus *pickup* dan TMS untuk *setting* Rele Bus 1 FCP, Rele Bus 1 FWP, Rele Bus 2 FCP, Rele Bus 2 FWP, Rele Bus 3 FCP, Rele Bus 3 FWP, Rele Bus *Auxiliary* I, Rele Bus *Auxiliary* II, Rele Bus FCP 1, Rele Bus G1, Rele Bus G2, Rele Bus *Outgoing* I dan Rele Bus *Outgoing* II.

a. Perhitungan Setting Rele Bus 1 FCP

Data yang diperlukan untuk *setting* Rele Bus 1 FCP adalah:

Manufacturer	= AREVA
Model	= P120
Kurva	= Standard Inverse (SI)
Rasio CT	= 150/1
FLA	= 61,1 A
I _{SC Min} Bus 1 FCP	= 4382 A

Rele Bus 1 FCP berada pada tahap 1
Waktu Operasi (Top) = 0.3 s

Arus Setting (I_{Set})

Untuk Perhitungan Arus Setting (I_{Set}) berdasarkan pada persamaan 1, hal. 4, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_{Set} &= 1,05 \times FLA \leq I_{Set} \\
 &\leq 0,8 \times ISC \text{ Min} \\
 &= 1,05 \times 61,1 \text{ A} \leq I_{Set} \\
 &\leq 0,8 \times 4382 \text{ A} \\
 &= 64,155 \text{ A} \leq I_{Set} \leq 3505,6 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dipilih I_{set} sebesar 450 A, maka nilai *pick up* dan TMS adalah sebagai berikut:

Arus Pick Up (I_p)

Untuk Perhitungan Arus *Pick Up* (I_p) berdasarkan pada persamaan 2, hal. 4, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_{Pick \ Up} &= \frac{I_{Set}}{CT \ Primer} \\
 &= \frac{450}{150} \text{ A} \\
 &= 3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Time Multiplier Setting (TMS)

Time Multiplier Setting (TMS) dapat dicari dengan adanya data arus hubung singkat 3 fasa minimum di titik terdekat rele dan arus *setting* rele berdasarkan pada persamaan 3, hal. 4, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 ISC \text{ Min Bus 1 FCP} &= 4382 \text{ A} \\
 TMS (SI) &= \frac{\left[\frac{ISC \text{ Min}}{I_{Set}} \right]^{0,02} - 1}{0,14} \times Top \\
 &= \frac{\left[\frac{4382}{450} \right]^{0,02} - 1}{0,14} \times 0,3 \text{ s} \\
 &= \frac{[9,738]^{0,02} - 1}{0,14} \times 0,3 \text{ s} \\
 &= \frac{1,0466 - 1}{0,14} \times 0,3 \text{ s} \\
 &= 0,1 \text{ sekon}
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama dengan perhitungan Relay Bus 1 FCP dilakukan perhitungan untuk rele-rele yang lain agar diperoleh setting rele yang tepat sehingga rele-rele tersebut dapat terkoordinasi dengan baik. Dari hasil perhitungan didapatkan setting rele sebagai berikut:

Tabel 9 Hasil Perhitungan Relay

Relay	Rasio CT	Titik Terdekat	I _p (A)	TMS (s)
Relay Bus 1 FCP	150/1	Bus 1 FCP	3	0,1

Relay Bus 1 FWP	150/1	Bus 1 FWP	3,333	0,1
Relay Bus 2 FCP	150/1	Bus 2 FCP	3	0,1
Relay Bus 1 FWP	150/1	Bus 2 FWP	3,333	0,1
Relay Bus 3 FCP	150/1	Bus 3 FCP	3	0,1
Relay Bus 3 FWP	150/1	Bus 3 FWP	3,333	0,1
Relay Bus FCP 1	150/1	Bus FCP 1	3	0,1
Relay Bus Auxiliary I	800/1	Bus Auxiliary I	2	0,21
Relay CB635	800/1	Bus Auxiliary II	2	0,21
Relay CB605	800/1	Bus Auxiliary I	2	0,21
Relay Bus Auxiliary II	800/1	Bus Auxiliary II	2	0,21
Relay Bus OutGoin g 1	3000/1	Bus OutGoin g 1	0,666	0,30
Relay Bus OutGoin g 2	3000/1	Bus OutGoin g 2	0,666	0,30
Relay Bus G1	3000/1	Bus G1	1	0,45
Relay Bus G2	3000/1	Bus G2	1	0,45

Berdasarkan data tabel 9 diatas dapat disimpulkan bahwa *setting* arus *pick up* setiap releberbeda-beda tergantung dari besar nilai arus beban

maksimum (FLA) di setiap titik dan rasio CT yang terpasang. Nilai *Time Multiplier Setting* (TMS) setiap rele berbeda-beda tergantung dari besar nilai arus gangguan minimum di titik terdekat rele dan besar nilai arus *pick up* rele. Semakin jauh letak rele dari pembangkit, semakin cepat *setting* nilai TMS. *Setting* nilai TMS mengacu pada salah satu karakteristik *Inverse Definite Minimum Time* (IDMT) yaitu karakteristik *Standard Inverse* (SI).

3.6 Kurva Hasil Simulasi Koordinasi OCR Motor Pump dan OCR Auxiliary

Data-data yang diperlukan untuk koordinasi OCR Motor *Pump* dan OCR *Auxiliary* sudah lengkap untuk dilakukan pengujian simulasi menggunakan *software ETAP Power Station*

12.6.0. Semua data dimasukkan ke dalam *setting* rele pada *single line diagram*. Pengujian dilakukan menggunakan *tools "star - protective device coordination"* pada *single line diagram*, sehingga didapat koordinasi antara rele utama dan rele cadangan untuk setiap proteksi OCR yang ada pada jaringan PS. *Single line diagram* pada Lampiran 15 dan Lampiran 16 akan dilakukan pengujian pada 4 motor induksi dengan 2 macam variasi jaringan. Dari 2 macam variasi jaringan tersebut akan dilakukan pengujian untuk koordinasi proteksi OCR Motor *Pump*. Masing-masing motor pada variasi jaringan tersebut akan dilakukan pengujian "*star - protective device coordination*". Dua jaringan ini dapat dibedakan berdasarkan variasi pada *circuit breaker* yang dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Variasi Kondisi Jaringan Pada Pengujian Koordinasi Rele

Kondisi Jaringan	Variasi Circuit Breaker			
	CB603	CB635	CB605	CB633
Pertama	Close	Close	Open	Open
Kedua	Open	Open	Close	Close

Variasi kondisi jaringan untuk pengujian koordinasi OCR Motor *Pump* dan OCR *Auxiliary*, sebagai berikut:

a. Variasi Jaringan Pertama CB603 & CB635 Close dan CB605 & CB633 Open

Variasi jaringan ini untuk kondisi keandalan, apabila generator 2 mengalami gangguan maka semua beban motor disuplai dari generator 1

b. Variasi Jaringan Kedua CB603 & CB635 Open dan CB605 & CB633 Close

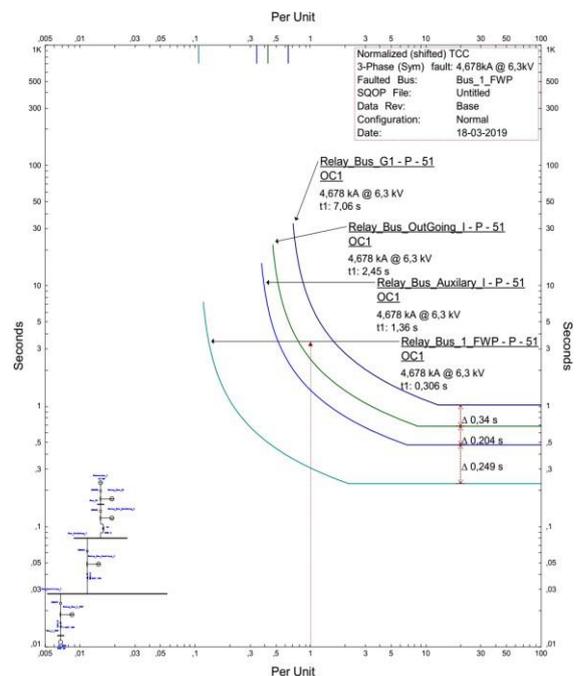
Variasi jaringan ini untuk kondisi keandalan, apabila generator 1 mengalami gangguan

maka semua beban motor disuplai dari generator 2

3.6.1 Variasi Jaringan Pertama CB603 & CB635 Close dan CB605 & CB633 Open

a. Pengujian Koordinasi Motor 1 FWP

Pengujian Koordinasi Motor 1 FWP ditunjukkan pada gambar Lampiran 14 dimulai dari jalur motor 1 FWP, Jalur ini memiliki 4 rele yang diantaranya yaitu Rele Bus 1 FWP, Rele Bus *Auxiliary* I, Rele Bus *Outgoing* I dan Rele Bus G1. Saat diberikan gangguan pada Bus 1 FWP maka Rele Bus 1 FWP akan bertindak sebagai rele utama untuk memproteksi Bus 1 FWP dari gangguan *short circuit*. Ketika terjadi gangguan *short circuit* pada motor 1 FWP maka Rele Bus 1 FWP akan memerintah CB 607 untuk putus. Apabila Rele Bus 1 FWP gagal bekerja maka Rele cadangan yaitu Rele Bus *Auxiliary* I untuk memproteksi Bus *Auxiliary* I, Rele Bus *OutGoing* I untuk memproteksi Bus *OutGoing* I dan Rele Bus G1 untuk memproteksi Bus G1.



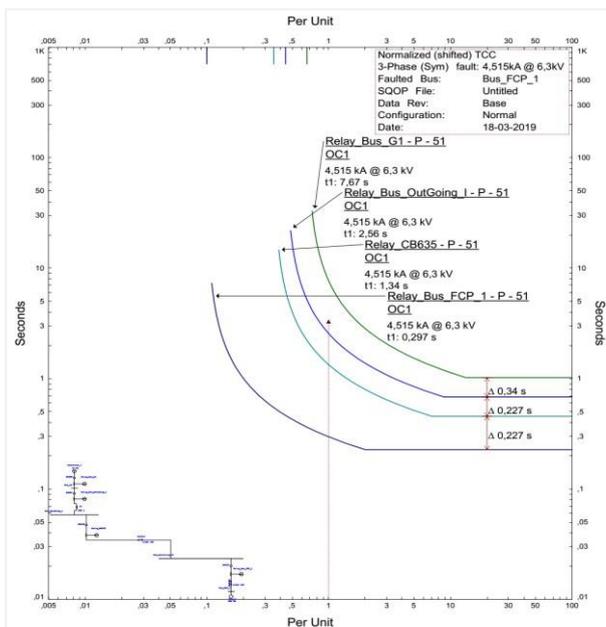
Gambar 4 Kurva Koordinasi Motor 1 FWP

Gambar 4 menunjukkan kurva koordinasi saat gangguan diberikan pada motor 1 FWP. Saat gangguan arus hubung singkat terjadi pada bus Motor 1 FWP, tidak ada kurva yang saling mendahului atau tumpang tindih antara kurva rele utama dan kurva rele cadangan. *Grading time* rele Bus 1 FWP dengan rele Bus *Auxiliary* I yaitu 0,249 detik, kemudian *grading time* rele Bus *Auxiliary* I dengan rele Bus *Outgoing* I yaitu 0,204 detik, dan *grading*

time rele Bus *Outgoing* I dengan rele Bus G1 yaitu 0,34 detik, sehingga sudah memenuhi standar IEEE 242-1986.

b. Pengujian Koordinasi Motor FCP 1

Pengujian Koordinasi Motor FCP 1 ditunjukkan pada Lampiran 16 yang dimulai dari jalur motor FCP 1, Jalur ini memiliki 4 rele yang diantaranya yaitu Rele Bus FCP 1, Rele CB635, Rele Bus *Outgoing* I dan Rele Bus G1. Saat diberikan gangguan pada Bus FCP 1 maka Rele Bus FCP 1 akan bertindak sebagai rele utama untuk memproteksi Bus FCP 1 dari gangguan *short circuit*. Ketika terjadi gangguan *short circuit* pada motor FCP 1 maka Rele Bus FCP 1 akan memerintah CB 638 untuk putus. Apabila Rele Bus FCP 1 gagal bekerja maka Rele cadangan yaitu Rele CB635 untuk memproteksi Bus *Auxiliary* II, Rele Bus *OutGoing* I untuk memproteksi Bus *OutGoing* I dan Rele Bus G1 untuk memproteksi Bus G1.



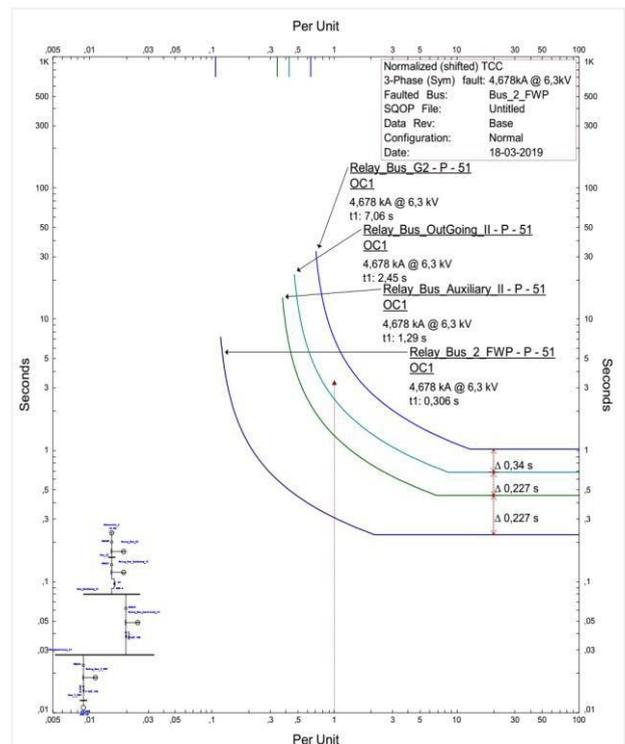
Gambar 5 Kurva Koordinasi Motor FCP 1

Gambar 5 menunjukkan kurva koordinasi saat gangguan diberikan pada motor FCP 1. Saat gangguan arus hubung singkat terjadi pada bus Motor 1 FWP, tidak ada kurva yang saling mendahului atau tumpang tindih antara kurva rele utama dan kurva rele cadangan. *Grading time* rele Bus FCP 1 dengan rele CB635 yaitu 0,227 detik, kemudian *grading time* rele CB635 dengan rele *Bus Outgoing* I yaitu 0,227 detik, dan *grading time* rele *Bus Outgoing* I dengan rele Bus G1 yaitu 0,34 detik, sehingga sudah memenuhi standar IEEE 242-1986.

3.6.2 Variasi Jaringan Kedua CB603 & CB635 Open dan CB605 & CB633 Close

a. Pengujian Koordinasi Motor 2 FWP

Pengujian Koordinasi Motor 2 FWP ditunjukkan pada Lampiran 18 yang dimulai dari jalur motor 2 FWP, Jalur ini memiliki 4 rele yang diantaranya yaitu Rele Bus 2 FWP, Rele Bus *Auxiliary* II, Rele Bus *Outgoing* II dan Rele Bus G2. Saat diberikan gangguan pada Bus 2 FWP maka Rele Bus 2 FWP akan bertindak sebagai rele utama untuk memproteksi Bus 2 FWP dari gangguan *short circuit*. Ketika terjadi gangguan *short circuit* pada motor 2 FWP maka Rele Bus FCP 1 akan memerintah CB 634 untuk putus. Apabila Rele Bus 2 FWP gagal bekerja maka Rele cadangan yaitu Rele Bus *Auxiliary* II untuk memproteksi Bus *Auxiliary* II, Rele Bus *OutGoing* II untuk memproteksi Bus *OutGoing* II dan Rele Bus G2 untuk memproteksi Bus G2.



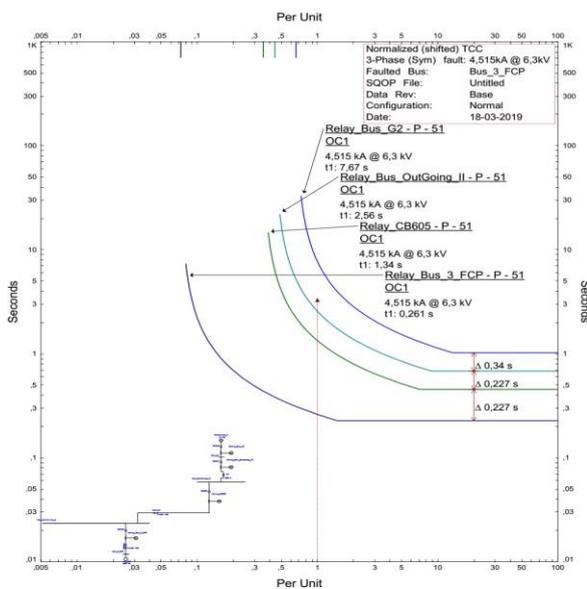
Gambar 6 Kurva Koordinasi Motor 2 FWP

Gambar 6 menunjukkan kurva koordinasi saat gangguan diberikan pada motor 2 FWP. Saat gangguan arus hubung singkat terjadi pada bus Motor 2 FWP, tidak ada kurva yang saling mendahului atau tumpang tindih antara kurva rele utama dan kurva rele cadangan. *Grading time* rele Bus 2 FWP dengan rele Bus *Auxiliary* II yaitu 0,227 detik, kemudian *grading time* rele Bus *Auxiliary* II dengan rele *Bus Outgoing* II yaitu 0,227 detik, dan *grading time* rele *Bus Outgoing* II

dengan rele Bus G2 yaitu 0,34 detik, sehingga sudah memenuhi standar IEEE 242-1986.

b. Pengujian Koordinasi Motor 3 FCP

Pengujian Koordinasi Motor 3 FCP ditunjukkan pada Lampiran 20 dimulai dari jalur motor 3 FCP, Jalur ini memiliki 4 rele yang diantaranya yaitu Rele Bus motor 3 FCP, Rele CB605, Rele Bus *Outgoing* II dan Rele Bus G2. Saat diberikan gangguan pada Bus 3 FCP maka Rele Bus 3 FCP akan bertindak sebagai rele utama untuk memproteksi Bus 3 FCP dari gangguan *short circuit*. Ketika terjadi gangguan *short circuit* pada motor 3 FCP maka Rele Bus 3 FCP akan memerintah CB 615 untuk putus. Apabila Rele Bus 3 FCP gagal bekerja maka Rele cadangan yaitu Rele CB605 untuk memproteksi Bus *Auxiliary* I, Rele Bus *Outgoing* II untuk memproteksi Bus *Outgoing* II dan Rele Bus G2 untuk memproteksi Bus G2.



Gambar 7 Kurva Koordinasi Motor 3 FCP

Gambar 7 menunjukkan kurva koordinasi saat gangguan diberikan pada motor 3 FCP. Saat gangguan arus hubung singkat terjadi pada bus Motor 3 FCP, tidak ada kurva yang saling mendahului atau tumpang tindih antara kurva rele utama dan kurva rele cadangan. *Grading time* rele Bus 2 3 FCP dengan rele CB605 yaitu 0,227 detik, kemudian *grading time* rele 605 dengan rele *Bus Outgoing* II yaitu 0,227 detik, dan *grading time* rele *Bus Outgoing* II dengan rele Bus G2 yaitu 0,34 detik, sehingga sudah memenuhi standar IEEE 242-1986.

Berdasarkan hasil dari pembentukan kurva koordinasi proteksi *Over Current Relay* (OCR) di setiap kondisi yang ditunjukkan pada gambar 12

sampai dengan gambar 15 yang mengacu pada *setting* rele yang telah dihitung sebelumnya bahwa hasil dari perhitungan terbukti membentuk suatu koordinasi rele yang baik, yang dapat dilihat dari setiap kurva koordinasi bahwa tidak terdapat kurva tumpang tindih antara rele yang berbeda tahap. Nilai arus *pick up* lebih besar dari pada nilai arus beban maksimum sehingga rele tidak bekerja saat kondisi beban maksimum. Setiap tahap rele membutuhkan *Grading Time* sebesar 0.204 sd 0,34 detik yang disesuaikan dengan standar IEEE 242-1986.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan dan simulasi koordinasi OCR pada jaringan Pemakaian Sendiri 6,3 kV PLTU SMS Energy dengan menggunakan software ETAP Power Station 12.6.0 dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil setting OCR dengan parameter nilai arus hubung singkat, letak rele dan waktu kerja rele sebagai berikut Setting Relay Bus 1 FCP dengan $I_p = 3$ A dan $TMS = 0,1$ s, Setting Relay Bus Auxiliary I dengan $I_p = 2$ A dan $TMS = 0,21$ s, Setting Relay Bus Outgoing 1 dengan $I_p = 0,6666$ A dan $TMS = 0,30$ s dan Setting Relay Bus G1 dengan $I_p = 1$ A dan $TMS = 0,45$ s. TMS OCR pada motor *Pump* disetting lebih cepat karena letak OCR paling hilir dengan gangguan hubung singkat lebih kecil.
2. Setting keterlambatan waktu/*grading time* rele (Δt) sebesar 0.204 sd 0,34 detik sesuai dengan standar IEEE 242-1986 yang menyebutkan bahwa untuk rele digital waktu yang diperlukan adalah 0.2 – 0.4 detik.
3. Semakin jauh letak rele arus lebih dari pembangkit, setting waktu dan arus harus lebih kecil dari pada setting rele di belakangnya agar terkoordinasi dengan baik dan saat terjadi gangguan rele terdekat dengan gangguan akan bekerja terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kiswondo, "Panduan Pemeliharaan Rele Proteksi," Merak: PT. Indonesia Power, 2014.
 [2] Afik, M., "Pengambilan Data Penelitian Tugas akhir. (A. P. Willi, Interviewer), 2018.
 [3] Badaruddin, & Priyanto, A., "Analisa dan Optimalisasi Koordinasi Relay Proteksi Sistem 6 kV Auxiliary PLTU Banten 3 Lontar," *Sinergi Vol. 19, No. 3*, 187 - 194, 2015.
 [4] Efisyanto, D. F., Juningtyastuti, & Karnoto,

“Evaluasi Drop Voltage dan Setting Relay OCR, GFR dan Recloser pada Penyulang Kalisari 1, 6 dan 11 Menggunakan ETAP 7.5.0,” *Transient Vol. 4, No. 3*, 508-516, 2015.

- [5] Hidayat, A. W., Gusmedi, H., Hakim, L., & Despa, D., “Analisis Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung,” *Electrician vol. 7, No. 3*, 108-115, 2013.