

EVALUASI *SETTING* PROTEKSI ARUS LEBIH DI JENE STATION PT. MEDCO E&P INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0

Aries Frananda Panjaitan^{*)}, Hermawan, and Yuningtyastuti

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}*E-mail: frananda.panjaitan@gmail.com*

Abstrak

Jene Station PT. Medco E&P Indonesia adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi. Untuk menjaga kontinuitas proses produksi dan suplai daya listrik di Jene Station dibutuhkan keandalan sistem tenaga listrik dalam mengisolir dampak gangguan, diantaranya gangguan hubung singkat sehingga dibutuhkan *setting* dan koordinasi peralatan proteksi yang tepat. Pada penelitian ini akan dibahas tentang arus beban penuh dan arus hubung singkat di bus motor *Water Injection Pump* (WIP), *gas turbine*, dan *gas engine* untuk menentukan *ampacity* kabel pada motor WIP, *gas turbine*, dan *gas engine*, *setting* dan koordinasi proteksi arus lebih *solid state trip Low Voltage Circuit Breaker* (LVCB) menggunakan ETAP 12.6.0. Pada desain kondisi *existing*, kurva *solid state trip* LVCB pada motor WIP, *incoming* (1), dan (2) WIP mendahului satu dengan lainnya. Kurva *solid state trip* LVCB pada *gas engine* 3, 4, 5, 6 dan *gas turbine* berada di atas *damage curve* sementara pada *gas engine* 1 dan 2 menyentuh kurva karakteristiknya. Pada desain kondisi *resetting*, kurva *solid state trip* LVCB pada motor WIP, *incoming* (1), dan (2) WIP sudah tidak mendahului satu dengan lainnya. Kurva *solid state trip* LVCB pada *gas turbine* dan *gas engine* sudah melindungi *damage curve* dan tidak menyentuh kurva karakteristiknya.

Kata kunci : hubung singkat, proteksi, setting, solid state trip LVCB, ETAP 12.6.0.

Abstract

Jene Station PT. Medco E&P Indonesia is a company engaged in exploration and production of oil and gas. To maintain continuity of production process and supply of electrical power in Jene Station needed reliability of electrical power system in isolating impact of disturbance including short-circuit therefore it needs *setting* and coordination of appropriate protection equipment. In this research will be discussed about full-load current and short-circuit current on bus motor *Water Injection Pump* (WIP), *gas turbine*, and *gas engine* to set cable *ampacity* on motor WIP, *gas turbine*, and *gas engine*, *setting* and coordination of *solid state trip Low Voltage Circuit Breaker* (LVCB) using ETAP 12.6.0. In *existing* condition design, LVCB *solid state trip* curve on motor WIP, *incoming* (1), and (2) WIP precedes each other. LVCB *solid state trip* curve on *gas engine* 3, 4, 5, 6 and *gas turbine* is above *damage curve* while *gas engine* 1 and 2 touches characteristic curve. In *resetting* condition design, LVCB *solid state trip* curve on motor WIP, *incoming* (1), and (2) WIP has not precede each other. LVCB *solid state trip* curve on *gas turbine* and *gas engine* already protects *damage curve* and do not touch characteristic curve.

Keywords : short circuit, protection, setting, solid state trip LVCB, ETAP 12.6.0.

1. Pendahuluan

Pada setiap industri besar, energi listrik memegang peranan yang sangat penting dalam menjamin keberlangsungan proses produksi. Untuk menjaga suplai energi listrik pada beban tetap mengalir merupakan pekerjaan yang tidak mudah. Hal ini disebabkan adanya gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan baik gangguan internal maupun eksternal [1].

Jika gangguan itu dibiarkan akan berakibat pada kualitas dan keandalan pasokan listrik ke beban dan pada akhirnya akan menghambat proses produksi.

Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat. Gangguan ini menghasilkan arus yang sangat tinggi yang melebihi nilai nominalnya sehingga akan membawa resiko bagi keselamatan personel dan mengakibatkan kerusakan peralatan yang berada di system [2].

Mencegah terjadinya gangguan merupakan hal yang tidak mungkin bisa sepenuhnya dilakukan. Oleh karena itu salah satu cara untuk melindungi sistem tenaga listrik adalah dengan mengisolir dampak dan kerusakan yang terjadi akibat gangguan.

Untuk itulah dalam sistem tenaga listrik, system pengaman (proteksi) merupakan hal yang mutlak untuk diperhatikan seperti *setting* (setelan) dan koordinasi peralatan. Komponen-komponen peralatan pengaman dapat dikoordinasikan menggunakan metode kurva waktu dan arus dan juga dikenal dengan peralatan pengaman utama dan cadangan [3].

Pada umumnya pengaman cadangan mempunyai perlambatan waktu (*time delay*), hal ini untuk memberikan kesempatan kepada pengaman utama beroperasi terlebih dahulu, dan jika pengaman utama gagal baru kemudian pengaman cadangan akan beroperasi. Untuk memenuhi fungsi tersebut maka pengaman utama disetel lebih cepat daripada pengaman cadangan [4].

Salah satu bagian sistem pengaman adalah penggunaan solid state trip *Low Voltage Circuit Breaker* (LVCB) sebagai pengaman dari arus gangguan hubung singkat [5].

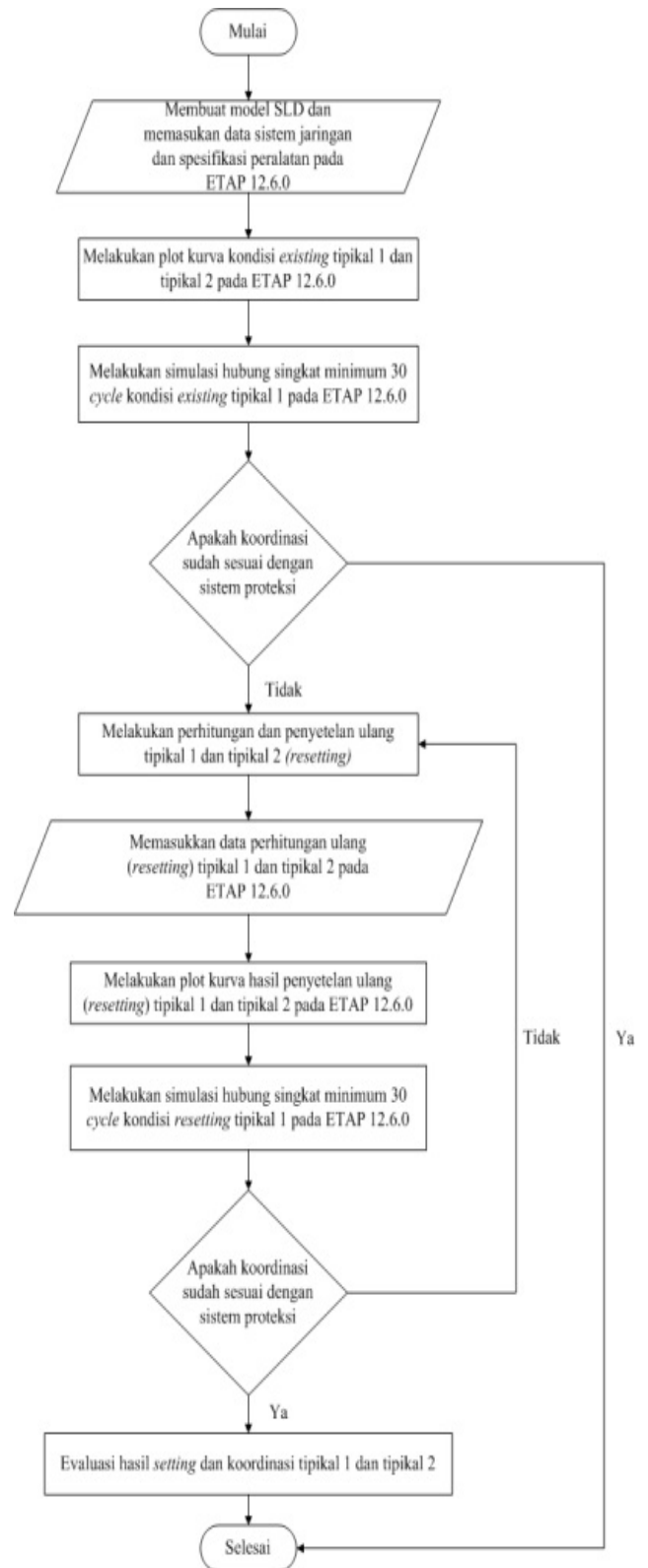
2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

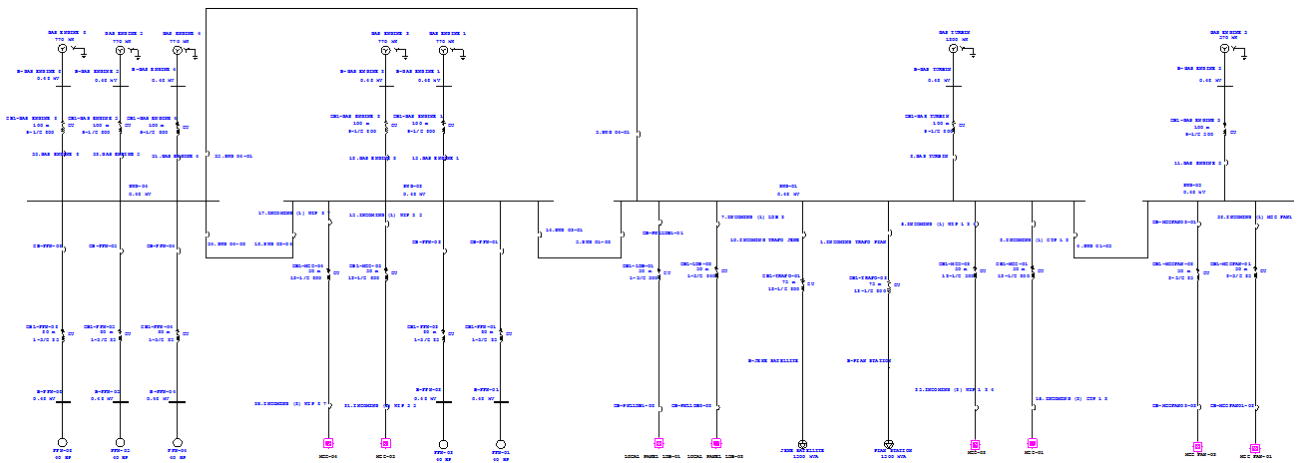
Diagram alir langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Pemodelan Jaringan Sistem Kelistrikan

Pemodelan jaringan sistem kelistrikan Jene Station PT. Medco E&P Indonesia pada ETAP 12.6.0 dengan memasukkan data-data sistem jaringan dan peralatan yang dapat dilihat pada Gambar 2 [6].



Gambar 1. Langkah penelitian evaluasi *setting solid state LVCB* menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0.



Gambar 2. Pemodelan single line diagram Jene Station PT. Medco E&P Indonesia pada perangkat lunak ETAP 12.6.0

3. Hasil dan Analisa

Studi koordinasi pengaman arus lebih *solid state trip* LVCB terdiri 2 tipikal koordinasi yaitu :

1. Tipikal 1 yaitu dimulai dari beban motor *Water Injection Pump* (WIP) yang terhubung dari bus motor sampai ke *switchgear* (SWG) yaitu :
 - a. Motor WIP-01 terhubung sampai ke SWG-01
 - b. Motor WIP-02 terhubung sampai ke SWG-01
 - c. Motor WIP-04 terhubung sampai ke SWG-01
 - d. Motor WIP-03 terhubung sampai ke SWG-02
 - e. Motor WIP-05 terhubung sampai ke SWG-02
 - f. Motor WIP-06 terhubung sampai ke SWG-02
 - g. Motor WIP-07 terhubung sampai ke SWG-02
2. Tipikal 2 yaitu dimulai dari pembangkitan yang terdiri dari *gas turbine* dan *gas engine* sampai ke *switchgear* (SWG) yaitu:
 - a. *Gas turbine* terhubung ke SWG-01
 - b. *Gas engine* 1 terhubung ke SWG-02
 - c. *Gas engine* 2 terhubung ke SWG-02
 - d. *Gas engine* 3 terhubung ke SWG-03
 - e. *Gas engine* 4 terhubung ke SWG-04
 - f. *Gas engine* 5 terhubung ke SWG-04
 - g. *Gas engine* 6 terhubung ke SWG-04

Masing masing tipikal terdiri dari desain kondisi *existing* dan kondisi *resetting*. Pada desain kondisi *existing* dan *resetting* dilakukan plot kurva *starting* motor, kurva karakteristik *gas turbine* dan *gas engine*, kurva *ampacity* kabel, dan kurva *solid state trip* LVCB dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0 untuk mengetahui desain kondisi setelan awal (*existing*) dan kondisi setelah dilakukan perhitungan ulang dan analisis (*resetting*) sehingga dihasilkan sistem proteksi yang sesuai dengan syarat-syarat sistem proteksi.

3.1. Tipikal 1

Beban motor WIP-01 digunakan untuk mewakili desain kondisi *existing* dan *resetting* pada tipikal 1.

3.1.1. Analisis Kondisi Existing

Dengan melihat data pada Tabel 1 maka dapat digambarkan plot *time current curve* tipikal 1 pada desain kondisi *existing*.

Tabel 1. Data *solid state trip* LVCB tipikal 1 desain kondisi *existing* Jene Station PT. Medco E&P Indonesia

ID Solid State Trip	Setelan Solid State Trip					
	In	Ir	tr	Isd	tsd	li
WIP 01	800	0,7	4	8	0	-
INCOMING (2) WIP 1 2 4	2000	1,0	12	-	-	4
INCOMING (1) WIP 1 2 4	2000	0,9	12	-	-	6

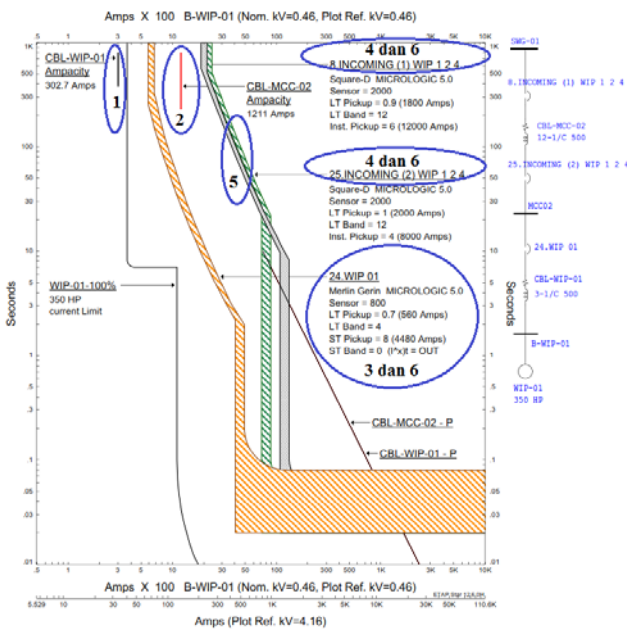
3.1.1.1. Plot Kurva

Berikut ini adalah plot *time current curve* motor WIP-01 terhubung sampai ke SWG-01 pada tipikal 1 desain kondisi *existing* yaitu :

Berdasarkan Gambar 3 terdapat lingkaran biru dan diberi angka setelan *ampacity* kabel, setelan dan koordinasi *solid state trip* LVCB yang perlu diperbaiki yaitu:

1. Kapasitas hantar arus kabel (*ampacity*) kabel motor WIP 01 yaitu sebesar 302,7 A masih berada di sebelah kiri kurva arus beban penuh motor/*full load ampere* (FLA) yaitu sebesar 370 A artinya *ampacity* kabel lebih kecil dari FLA motor WIP.
2. Kabel MCC-02 tidak terlindungi oleh LVCB INCOMING (1) WIP 1 2 4.
3. Setelan *long time pickup* (LTPU) *solid state trip* LVCB motor WIP 01 berdasarkan FLA adalah 151%. Berdasarkan NEC Handbook 2011 Article 430.32 motor lebih besar dari 1 HP dengan tegangan 600 V dan dibawahnya dengan servis faktor 1.15 atau lebih memiliki setelan LTPU sebesar 125% dari FLA [7].

4. Setelan LTPU *solid state trip* LVCB INCOMING (2) WIP 124 adalah $1,8 \times I_{maks}$, LVCB INCOMING (1) WIP 124 adalah $1,64 \times I_{maks}$. Berdasarkan *British Standard* 142-1983 batas penyetelan antara $(1,05 - 1,3) \times I_{set}$ [8].
5. Kurva LTPU (*overload*) *solid state trip* LVCB INCOMING (1) WIP 124 mendahului (*overlap*) dengan kurva LTPU *solid state strip* LVCB INCOMING (2) WIP 124.
6. Pada *solid state trip* LVCB di tipikal 1 terdapat setelan yang belum diaktifkan (*dilengkapinya*) dan perlu ditinjau ulang yaitu LTPU, LT Band, STPU, ST Band, dan *instantaneous*.



Gambar 3. Plot *time current curve* motor WIP-01 sampai ke SWG-01

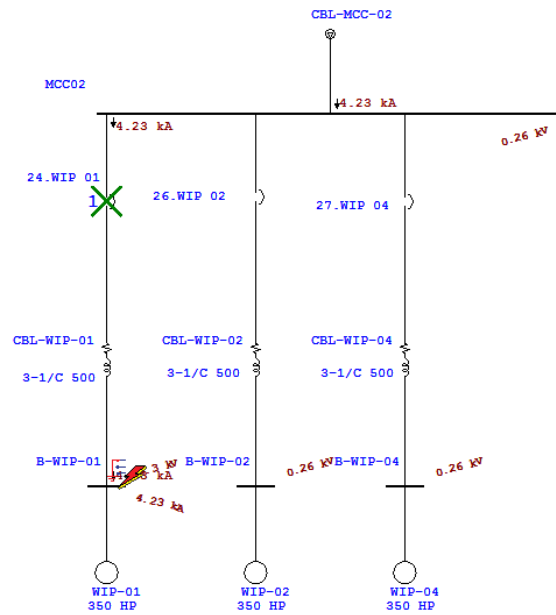
3.1.1.2. Koordinasi LVCB

Untuk memeriksa koordinasi LVCB desain kondisi *existing* pada tipikal 1 dengan cara melakukan simulasi hubung singkat standard ANSI/IEEE minimum 30 *cycle* dari arus hubung singkat 3 fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, dan fasa ke fasa [7].

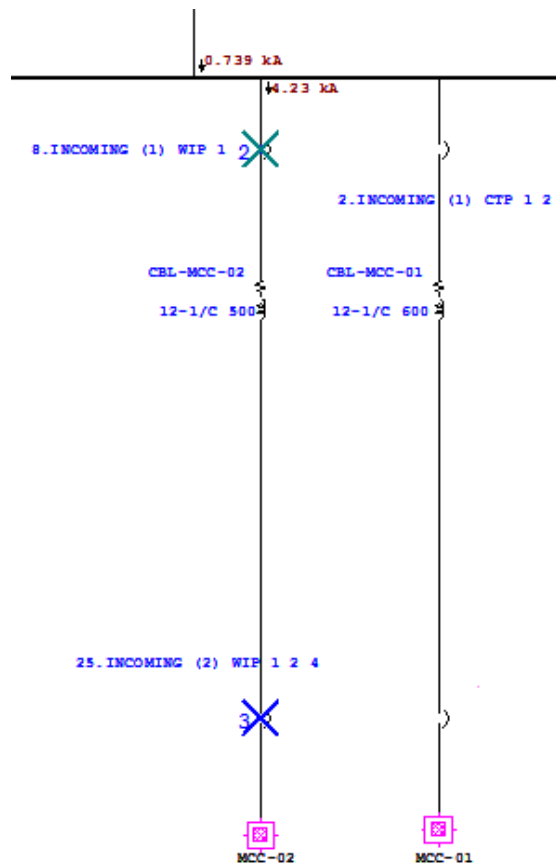
Tabel 2. Hasil simulasi hubung singkat minimum 30 *cycle* tipikal 1 desain kondisi *existing* di bus motor WIP 01 pada ETAP 12.6.0

ID Bus	3-Phase Fault (A)	Line to Ground Fault (A)	Line to Line Fault (A)	Line to Line to Ground Fault (A)
B-WIP-01	5766	4230	5155	5530

Berikut ini adalah koordinasi LVCB motor WIP 01, INCOMING (2) WIP 124, dan INCOMING (1) WIP 124 desain kondisi *existing* pada tipikal 1.



Gambar 4. Koordinasi LVCB desain kondisi *existing* saat *line to ground fault* di bus motor WIP 01 (1)



Gambar 5. Koordinasi LVCB desain kondisi *existing* saat *line to ground fault* di bus motor WIP 01 (2)

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa koordinasi desain kondisi *existing* urutan pembukaan

LVCB ditandai dengan simbol silang dan angka sebagai urutannya.

Saat gangguan arus hubung singkat *line to ground* pada bus motor WIP 01 mengakibatkan LVCB WIP 01 terbuka pada urutan pertama, LVCB INCOMING (1) WIP 124 terbuka pada urutan kedua, dan LVCB INCOMING (2) WIP 124 terbuka pada urutan ketiga.

3.1.2. Analisis Kondisi Resetting

3.1.2.1. Perhitungan FLA Motor WIP, RLC Motor WIP, dan FLA Beban MCC WIP

$$FLA \text{ WIP } 01 = \frac{\text{Daya motor (HP)} \times 746}{\sqrt{3} \times V \times Pf \times \text{Eff}}$$

$$FLA \text{ WIP } 01 = \frac{350 \text{ HP} \times 746}{\sqrt{3} \times 460 \text{ V} \times 0,929 \times 0,954}$$

$$FLA \text{ WIP } 01 = 370 \text{ A}$$

Tabel 3. Data FLA, LRC, dan waktu starting motor WIP-01

ID Motor	FLA (A)	LRC (A)	Waktu Starting (s)
WIP-01	370	2379	4

FLA beban MCC WIP dihitung berdasarkan jumlah FLA motor yang terdapat pada MCC tersebut.

Tabel 4. Data FLA beban MCC-02

ID MCC	Motor	FLA Motor (A)	FLA Beban MCC (A)
MCC-02	WIP 01	370	1100
	WIP 02	370	
	WIP 04	370	

3.1.2.2. Perhitungan Ampacity Kabel Motor WIP dan MCC WIP

Berdasarkan NEC Article 430.22 konduktor yang mensuplai motor tunggal (*single*) yang digunakan secara terus-menerus (*continuous*) sebaiknya memiliki *ampacity* tidak kurang dari 125% FLA motor.

Tabel 5. Data kabel motor WIP-01 dan MCC 02 hasil perhitungan ulang (*resetting*)

ID Kabel	Ukuran (AWG/kcmil)	Ampacity (A)	Jumlah Konduktor
CBL-WIP 01	1000	530,3	3-1/C
CBL-MCC 02	750	1733	12-1/C

3.1.2.3. Simulasi Hubung Singkat

Simulasi hubung singkat menggunakan standar ANSI/IEEE. Nilai arus hubung singkat yang digunakan adalah hubung singkat minimum 30 cycle dari arus hubung singkat 3 fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, dan fasa ke fasa agar dihasilkan sistem proteksi yang sensitif.

Tabel 6. Hasil simulasi hubung singkat minimum 30 cycle tipikal 1 desain kondisi *resetting* pada ETAP 12.6.0

Bus ID	3-Phase Fault (A)	Line to Ground Fault (A)	Line to Line Fault (A)	Line to Line to Ground Fault (A)
B-WIP-01	6173	4646	5541	5907
MCC-02	22724	27091	22735	25832

3.1.2.4. Perhitungan Setelan Solid State Trip LVCB

Perhitungan ulang (*resetting*) *solid state trip* LVCB dengan melihat data-data pada Tabel 3 dan Tabel 6.

Solid state trip LVCB WIP 01

Long Time Setting

$$1,25 \times FLA \text{ WIP } 01 \leq I_{set} \leq 0,8 I_{sc} \text{ min } 30 \text{ cycle bus WIP } 01$$

Dipilih tap *LT Pick Up* = 0,58

Waktu *starting* motor = 4 s

Long Time (LT) Band = 4 s

Short Time Setting

$$I_{set} \leq \frac{I_{sc} \text{ min } 30 \text{ cycle bus WIP } 01}{I_{sensor}}$$

Dipilih tap *ST Pick Up* = 5

Short Time (LT) Band = 0 s

Instantaneous Setting

$$I_{set} \geq 1,6 \times \frac{I_{LRC} \text{ WIP } 01}{I_{sensor}}$$

Dipilih tap *Instantaneous Pick Up* = 6

Dengan cara yang sama diperoleh penyetelan ulang (*resetting*) *solid state trip* LVCB INCOMING (2) WIP 124 dan INCOMING (1) WIP 124 pada tipikal 1.

Tabel 7. Data *solid state trip* LVCB tipikal 1 kondisi *resetting* Jene Station PT. Medco E&P Indonesia

ID Solid State Trip	Setelan Solid State Trip					
	I _{sensor}	I _r	I _{tr}	I _{sd}	I _{tsd}	I _{li}
WIP 01	800	0,58	4	5	0	6
INCOMING (2) WIP 124	2000	0,58	8	8	0	8
INCOMING (1) WIP 124	2000	0,72	8	8	0	10

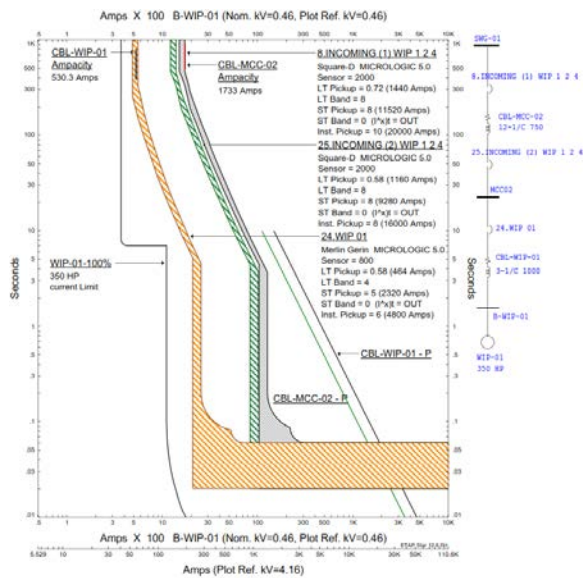
3.1.2.5. Plot Kurva

Berikut ini adalah plot *time current curve* motor WIP-01 terhubung sampai ke SWG-01 pada tipikal 1 desain kondisi *resetting*.

Berdasarkan Gambar 6 perbaikan yang telah dilakukan yaitu :

1. Kapasitas hantar arus (*ampacity*) kabel motor WIP 01 sudah diperbesar dari 302,7 A (3-1/C 500 AWG/kcmil) menjadi 530,3 A (3-1/C 1000 AWG/kcmil) sesuai standar NEC Handbook 2011 Article 430.22

2. Kapasitas hantar arus (*ampacity*) kabel MCC 02 sudah diperbesar dari 1211 A (12-1/C 500 AWG/kcmil) menjadi 1733 A (12-1/C 750) AWG/kcmil) sesuai standar NEC *Handbook* 2011 *Article* 430.22.
3. Kurva solid state trip LVCB pada motor WIP 01, INCOMING (1) WIP 124, dan INCOMIG (2) WIP 124 sudah melindungi kabel WIP, motor WIP, dan kabel MCC.
4. Setelan *solid state trip* LVCB WIP 01, INCOMING (2) WIP 12 4 dan INCOMING (1) WIP 124 sudah lengkap yaitu terdiri dari *LT Pickup*, *LT Band*, *ST Pickup*, *ST Band*, dan *instantaneous*
5. Kurva *solid state trip* LVCB WIP 01, INCOMING (2) WIP 124 dan INCOMING (1) 124 sudah tidak mendahului (*overlap*) satu dengan lainnya.

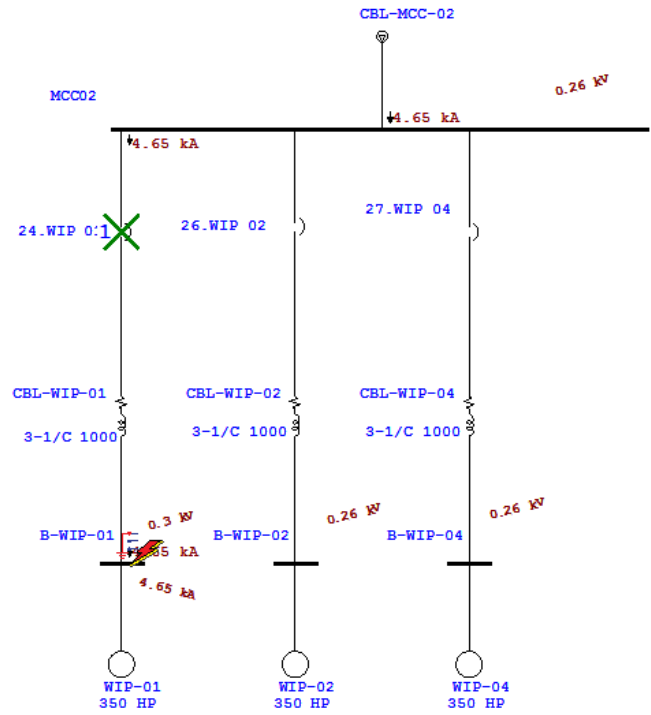


Gambar 6. Plot time current curve motor WIP-01 sampai ke SWG 01

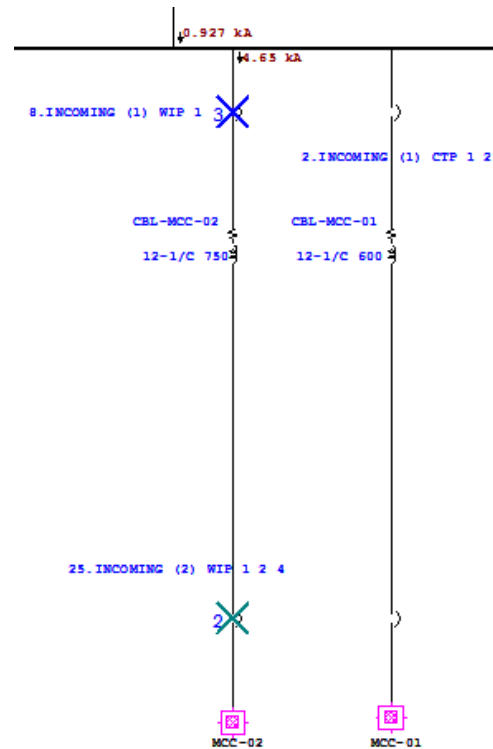
3.1.2.6. Koordinasi LVCB

Berikut ini adalah koordinasi motor WIP-01 terhubung sampai ke SWG-01 desain kondisi *resetting* pada tipikal 1.

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa koordinasi *resetting* urutan pembukaan LVCB ditandai dengan simbol silang dan angka sebagai urutannya. Saat gangguan arus hubung singkat *line to ground* pada bus motor WIP 01 mengakibatkan LVCB WIP 01 terbuka pada urutan pertama, LVCB INCOMING (2) WIP 12 4 terbuka pada urutan kedua, dan LVCB INCOMING (1) WIP 124 terbuka pada urutan ketiga.



Gambar 7. Koordinasi existing saat line to ground fault di bus motor WIP 01 (2)



Gambar 8. Koordinasi existing saat line to ground fault di bus motor WIP 01 (2)

3.2. Tipikal 2

Gas turbine edigunakan untuk mewakili desain kondisi existing dan resetting pada tipikal 2.

3.2.1. Analisis Kondisi Existing

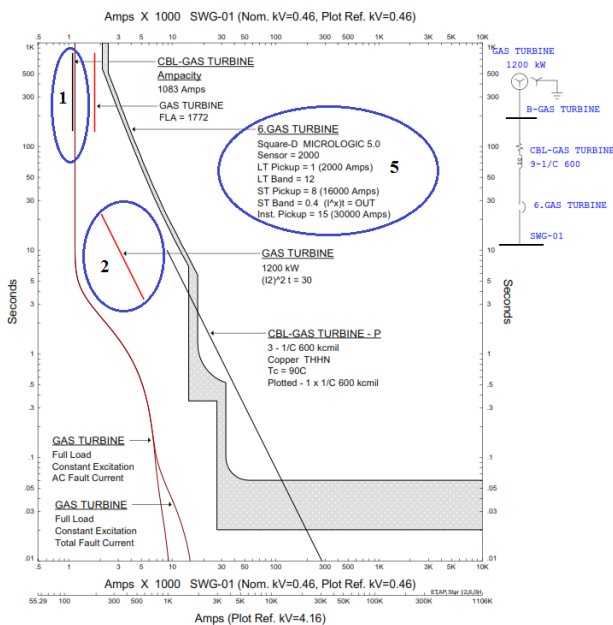
Dengan melihat data pada Tabel 7 maka dapat digambarkan plot kurva gas turbine pada kondisi existing.

Tabel 8. Data solid state trip LVCB gas turbine tipikal 2 desain kondisi existing Jene Station PT. Medco E&P Indonesia

ID Solid State Trip	Setelan Solid State Trip					
	ln	lr	tr	lsd	tsd	li
GAS TURBINE	2000	1,0	12	8	0,4	15

3.2.1.1. Plot Kurva

Berikut ini adalah plot time current curve gas turbine terhubung ke SWG-01 pada tipikal 2 desain kondisi existing yaitu :



Gambar 9. Plot time current curve gas turbine terhubung ke SWG-01

Berdasarkan Gambar 9 terdapat lingkaran biru dan diberi angka setelan kabel dan setelan solid state trip LVCB yang perlu diperbaiki yaitu:

1. Kapasitas hantar arus kabel (ampacity) gas turbine, masih berada di sebelah kiri kurva arus beban penuh/full load ampere (FLA)
2. Kurva solid state trip LVCB gas turbine masih berada diatas damage curve.
3. Pada solid state trip LVCB gas turbine perlu ditinjau ulang.

3.2.2. Analisis Kondisi Resetting

3.2.2.1. Perhitungan FLA Gas Turbine dan Gas Engine

$$FLA \text{ gas turbine} = \frac{\text{Daya gas turbine (KW)}}{\sqrt{3} \times V \times Pf}$$

$$FLA \text{ turbine} = \frac{1200 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 460 \text{ V} \times 85 \%}$$

$$FLA \text{ turbine} = 1772 \text{ A}$$

3.2.2.2. Perhitungan Ampacity Kabel Gas Turbine dan Gas Engine

Berdasarkan NEC Handbook 2011 Article 445.13 ampacity konduktor generator sampai ke perangkat distribusi pertama yang memiliki proteksi arus lebih sebaiknya tidak kurang dari 115% FLA generator [10].

Tabel 9. Data kabel gas turbine hasil perhitungan ulang (resetting)

ID Kabel	Ukuran (AWG/kcmil)	Ampacity (A)	Jumlah Konduktor
CBL-GAS TURBINE	1000	2121	12-1/C

3.2.2.3. Simulasi Hubung Singkat

Berikut ini adalah hasil simulasi hubung singkat standard ANSI/IEEE minimum 30 cycle.

Tabel 10. Hasil simulasi hubung singkat minimum 30 cycle bus gas turbine tipikal 2 desain kondisi resetting pada ETAP 12.6.0

Bus ID	3-Phase Fault (A)	Line to Ground Fault (A)	Line to Line Fault (A)	Line to Line to Ground Fault (A)
B-GAS TURBINE	22790	30353	22956	26694

3.2.2.4. Perhitungan Setelan Solid State Trip LVC

Perhitungan ulang (resetting) solid state trip LVCB pada gas turbine dengan melihat data FLA gas turbine dan Tabel 10.

Solid State Trip LVCB Gas Turbine

Long Time Setting

$$1,05 \times FLA \text{ gas turbine} \leq Iset$$

$$\leq 0,8 Isc \text{ min } 30 \text{ cycle bus gas turbine}$$

Dipilih tap LT Pick Up = 0,93
Long Time (LT) Band = 0,5 s

Short Time Setting

$$Iset \leq \frac{0,8 \times Isc \text{ min } 30 \text{ cycle bus gas turbine}}{I_{sensor}}$$

Dipilih tap ST Pick Up = 8
Short Time (LT) Band = 0 s

Instantaneous Setting

$$I_{set} \leq \frac{0,8 \times I_{sc} \text{ min } 30 \text{ cycle bus gas turbine}}{I_{sensor}}$$

$$I_{set} \leq 9,11$$

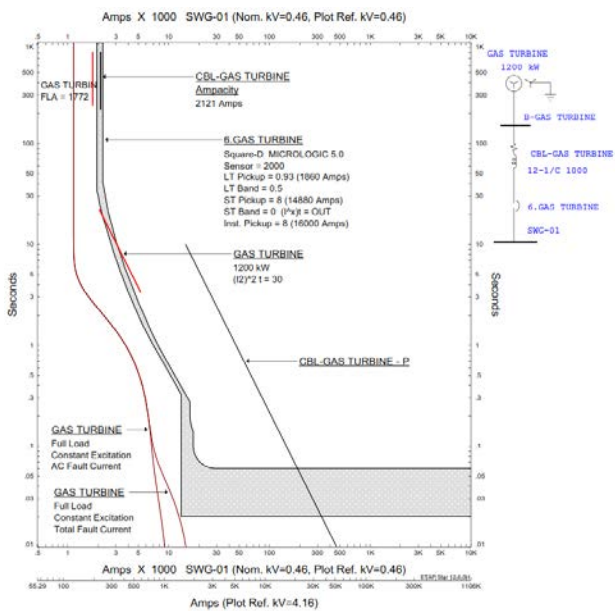
Dipilih tap Instantaneous Pick Up = 8

Tabel 11. Data penyetelan ulang solid state trip LVCB tipikal 2 desain kondisi resetting Jene Station PT. Medco E&P Indonesia

ID Solid State Trip	Setelan Solid State Trip					
	I _{sensor}	I _r	t _r	I _{sd}	t _{sd}	I _i
GAS TURBINE	2000	0,93	0,5	8	0	8

3.2.2.5. Plot Kurva

Berikut ini adalah plot *time current curve gas turbine* terhubung ke SWG-01 pada tipikal 2 desain kondisi *resetting* yaitu :



Gambar 10. Plot *time current curve gas turbine* terhubung ke SWG-01

Berdasarkan Gambar 10 perbaikan yang telah dilakukan yaitu :

1. Kapasitas hantar arus kabel (*ampacity*) kabel *gas turbine* sudah diperbesar dari 1083 A (9-1/C 600 AWG) menjadi 2121 A (12-1/C 1000 AWG) sehingga mampu memikul *gas turbine* pada kondisi beban penuh/*full load ampere* (FLA).
2. Kurva *solid state trip* LVCB *gas turbine* sudah melindungi *damage curve gas turbine*.
3. Setelan LTPU *solid state trip* LVCB *gas turbine* sudah disetel sesuai *British Standard 142-1983* batas penyetelan antara $(1,05-1,3) \times I_{set}$ (FLA).

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Pada desain kondisi *existing* adalah kapasitas hantar arus kabel (*ampacity*) kabel motor WIP, *gas engine*, dan *gas turbine* masih berada di sebelah kiri kurva arus beban penuh. Kurva *solid state trip* LVCB pada motor WIP, INCOMING (1), dan INCOMIG (2) WIP mendahului satu dengan lainnya. Kurva *solid state trip* LVCB pada *gas engine* 3, 4, 5, 6 dan *gas turbine* berada di atas *damage curve* sementara pada *gas engine* 1 dan 2 menyentuh kurva karakteristiknya.

Pada desain kondisi *resetting* adalah kurva *solid state trip* LVCB pada motor WIP, INCOMING (1), dan INCOMIG (2) WIP sudah melindungi kabel WIP, motor WIP, dan kabel MCC. Kurva *solid state trip* LVCB pada motor WIP, INCOMING (1), dan INCOMIG (2) WIP sudah tidak mendahului satu dengan lainnya. Kurva *solid state trip* LVCB pada *gas turbine* dan *gas engine* sudah melindungi *damage curve* dan tidak menyentuh kurva karakteristiknya. Setelan *solid state trip* LVCB sudah lengkap yaitu terdiri dari LT *Pickup*, LT *Band*, ST *Pickup*, ST *Band*, dan *instantaneous*

Referensi

- [1]. Juanda, M.P., "Evaluasi *Setting* Rele Arus Lebih (OCR) pada Beban Motor dan Generator 13,8 kV di *Plant* PT. Petrochina International Jabung LTD. Betara Complex Development dengan Menggunakan Simulasi ETAP 12.6.0" Penelitian, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2015.
- [2]. Pratama, R.P., "Perancangan Sistem Proteksi (*Over Current* dan *Ground Fault Relay*) untuk Koordinasi Pengaman Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban IV" Penelitian, Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2011.
- [3]. IEEE Std 242-2001TM, "Low-Voltage Circuit Breakers" dalam *IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*, hal.203, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 2001.
- [4]. IEEE Std 1015TM-2006, "Circuit Breaker Classes and Types" dalam *IEEE Recommended Practice for Applying Low-Voltage Circuit Breakers Used in Industrial and Commercial Power Systems*, hal.22, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, 2006.
- [5]. "Motors, Motor Circuits, and Controllers" dalam *National Electrical Code Handbook*, 12th ed, hal. 617, National Fire Protection Association, Massachusetts, USA, 2011
- [6]. *Single Line Diagram* Jene Station PT. Medco E&P Indonesia Tahun 2015.
- [7]. "Short-Circuit Analysis" dalam "Etap 12.5 *User Guide*", Operation Technology, Inc., Southern California, 2013.