



Analysis Of The Use Of Overcurrent Protection In Generator Case Study Of Teluk Sirih PLTU

Analisis Penggunaan Proteksi Arus Lebih Pada Generator Studi Kasus PLTU Teluk Sirih

Ramadian Saputra^{1*}, Liliana²

^{1,2}Teknik Elektro, UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

Corresponden E-Mail: ¹ramadiansaputra00@gmail.com, ²liliana@uin-suska.ac.id

Makalah: Diterima 08 November 2023; Diperbaiki 24 December 2023; Disetujui 27 December 2023
Corresponding Author: Ramadian Saputra

Abstrak

Generator merupakan salah satu komponen utama di PLTU Teluk Sirih sebagai penghasil listrik yang akan dialiri kepada konsumen. Generator sendiri tak terhindar dari gangguan yang ada. Salah satu gangguan yang dapat terjadi pada generator adalah gangguan arus lebih yang diakibatkan oleh hubung singkat. Oleh karena itu generator harus diberi sebuah proteksi yaitu rele arus lebih yang berguna untuk memberi sinyal kepada PMT untuk membuka rangkaian. Pada laporan ini akan menguji kinerja dari rele arus lebih yang terpasang pada generator dengan mencari settingan berdasarkan gangguan hubung singkat 3 fasa pada salah satu area bus. Data yang digunakan berupa data spesifikasi Generator, Transformator dan Rele Arus Lebih. Kemudian dari data akan dibuat rangkaian dan disimulasikan menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan didapatkan bahwa besar arus gangguan hubung singkat 3 fasa pada area Bus 2 adalah sebesar 41501 A. Sementara untuk pengaturan rele arus lebih yaitu arus rele sebesar 3,39 A, arus set pada pengaturan rele sebesar 5982,757 A dan waktu adalah 0,34 s dengan rasio CT yaitu 1600:1. Hasil yang didapatkan adalah rele bekerja sesuai dengan pengaturan yang ada ketika terjadi gangguan dan memerintahkan PMT untuk membuka rangkaian. Rele bekerja ketika mendeteksi gangguan diatas batas pengaturan arus rele dan akan bekerja dengan waktu setting tersebut.

Keyword: Arus, Generator, OCR, Rele, ETAP.

Abstract

The generator is one of the main components in the Teluk Sirih PLTU as a producer of electricity which will be supplied to consumers. The generator itself cannot be protected from interference. One of the disturbances that can occur in a generator is an overcurrent disturbance caused by a short circuit. Therefore, the generator must be given protection, namely an overcurrent relay which is useful for giving a signal to the PMT to open the circuit. This report will test the performance of the overcurrent relay installed on the generator by looking for settings based on a 3-phase short circuit in one of the bus areas. The data used is generator, transformer and overcurrent relay specification data. Then a series will be created from the data and simulated using the ETAP 19.0.1 application. Based on the simulation that has been carried out, it is found that the magnitude of the 3 phase short circuit fault current in the Bus 2 area is 41501 A. Meanwhile for the overcurrent relay setting, the relay current is 3.39 A, the set current in the relay setting is 5982.757 A and the time is 0.34 s with a CT ratio of 1600:1. The result obtained is that the relay works according to the existing settings when a disturbance occurs and orders the PMT to open the circuit. The relay works when it detects a disturbance above the relay current setting limit and will work within that setting time.

Keyword: Current, Generator, OCR, Relay, ETAP

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik yang semakin hari semakin meningkat, hal inilah yang membuat Perusahaan Listrik Negara (PLN) selaku distributor listrik membutuhkan banyak sumber dari beberapa pembangkit penghasil listrik sebagai penyedia listrik. Salah satu contoh pembangkit yang banyak menghasilkan listrik di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) [1]. Pembangkit Listrik Tenaga Uap ini bekerja dengan cara

memanfaatkan uap kering yang berupa energi potensial yang kemudian akan menggerakkan turbin dan generator lalu menghasilkan energi listrik [2]. Generator merupakan salah satu komponen yang inti dari

Pembangkit Listrik Tenaga Uap ini. Fungsi dari generator ini adalah sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik, listrik yang dihasilkan kemudian akan dialirkan kepada konsumen dan kemudian dimanfaatkan. Oleh karena itu, perlunya menjaga agar generator tetap mensuplai listrik dalam keadaan stabil dan tingkat keandalan yang baik. Banyak gangguan yang dapat terjadi pada generator sehingga dapat merusak generator itu sendiri. Hal ini mengakibatkan terhambatnya proses distribusi listrik dari generator ke konsumen. Beberapa contoh masalah yang terjadi pada generator ini adalah hubung singkat antar fasa, hubung singkat dengan tanah pada belitan rotor, dan hubung singkat pada belitan rotor, arus berlebih, penguatan hilang, suhu yang tinggi, tegangan berlebih dan gangguan lainnya [3], [4], [5].

Dari berbagai masalah yang terjadi pada generator, maka diperlukan sebuah sistem pengamanan (proteksi) [6] sebagai alat untuk mendeteksi gangguan – gangguan yang ada. Sistem proteksi ini juga memiliki tujuan yaitu agar tetap terjaminnya keandalan dan kestabilan dalam pendistribusian listrik [7]. Sistem proteksi atau yang disebut juga dengan rele yang bekerja untuk mengirimkan sinyal kepada PMT apabila terdeteksi gangguan yang ada. Ada banyak rele yang digunakan sebagai sistem proteksi generator untuk mengatasi gangguan yang telah disebutkan di atas. Rele differensial [8] yang digunakan mengatasi masalah hubung singkat antar fasa, rele hubung tanah untuk mengatasi adanya gangguan dengan tanah, rele suhu untuk mengatasi suhu yang tinggi, rele hilang medan untuk mengatasi penguatan yang hilang dan Over Current Relay (OCR) atau rele arus lebih untuk mengatasi arus berlebih pada generator [9]. Rele arus lebih ini berguna untuk mendeteksi arus yang melalui generator pada jaringan distribusi listrik diakibatkan oleh gangguan hubung singkat sehingga membuat arus menjadi lebih besar. Arus yang besar ini harus segera diatasi agar tidak terjadi kerusakan pada peralatan yang dilalui oleh arus lebih tersebut. Sistem proteksi arus lebih atau over current relay bekerja dengan cara mendeteksi kenaikan arus yang terjadi ketika arus tersebut melewati rele tersebut sesuai dengan settingan [3].

PLTU Teluk Sirih merupakan PLTU terbesar di Sumatra Barat dengan kapasitas 2×112 MW. PLTU Teluk Sirih merupakan pembangkit listrik tenaga uap yang terletak di Desa Teluk Sirih RT 01/RW 04 Kelurahan Teluk Kabung Tengah, Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Kota Padang, Sumatra Barat dengan area seluas 14 Ha. PLTU Teluk Sirih merupakan sebuah pembangkit yang mendistribusikan listrik dengan memanfaatkan batu bara sebagai bahan bakarnya. Karena terletak di tepi pantai maka PLTU Teluk Sirih memanfaatkan air laut sebagai sumber energi termalnya, dimana air laut ini akan di treatment sehingga menjadi air demin lalu kemudian digunakan. Bagian yang penting dari PLTU Teluk Sirih ini adalah generator yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik. Gangguan arus lebih yang melewati generator dikarenakan hubung singkat [10] ini dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem generator ini sendiri. Sehingga jika tidak segera diperbaiki dapat berdampak buruk bagi pembangkit itu sendiri. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah arus lebih ini diberikan sebuah peralatan proteksi arus lebih yang dapat mendeteksi terjadinya arus lebih yang melewati generator tersebut. Proteksi arus lebih berguna sebagai pendeteksi ketika terjadi permasalahan gangguan arus berlebih yang terjadi akibat gangguan hubung singkat seperti gangguan hubung singkat 3 fasa, fungsi proteksi adalah memberi sinyal kepada PMT untuk menutup aliran yang terdeteksi terdapat kenaikan arus tersebut sehingga arus yang berlebih tersebut tidak masuk ke sistem berdasarkan nilai setting yang telah ditentukan.

Pada penelitian [3] membahas permasalahan arus lebih pada generator di PLTU Teluk Sirih adalah dengan menganalisis kelayakan sistem proteksi OCR pada generator tersebut dengan menggunakan simulasi aplikasi ETAP sesuai dengan settingan yang telah ditentukan. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa sistem proteksi arus lebih pada generator tersebut masih layak digunakan sebagai proteksi pada generator tersebut. Gangguan hubung singkat [11] membahas tentang proteksi arus lebih yang mengancam belitan generator dimana memadukan dua jenis rele yaitu rele arus lebih dan rele diferensial. Hasil dari penelitian ini adalah mengetahui gangguan yang terjadi pada belitan generator sehingga dapat diberi proteksi untuk mencegah gangguan arus lebih yang ada.

Pada penelitian ini penulis akan menguji kinerja dari rele arus lebih yang ada pada PLTU Teluk Sirih dan mendapatkan settingan dari rele tersebut berdasarkan arus hubung singkat 3 fasa yang akan pada bus *single line* diagram dengan menggunakan software ETAP 19.0.1. Penelitian ini berfokus pada gangguan hubung singkat 3 fasa pada generator sehingga didapatkan setting rele arus lebih untuk mengatasi gangguan tersebut.

2. METODE

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan memanfaatkan *software* ETAP 19.0.1 [12]. Pada *software* akan dilakukan uji aliran daya, uji hubung singkat 3 fasa dan kemudian akan dilakukan perhitungan manual untuk setting rele yang kemudian akan dimasukkan kedalam setting komponen alat rele lalu kemudian dilakukan pengujian apakah rele bekerja sesuai dengan setting yang telah dilakukan.

2.1 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil saat melaksanakan kerja praktek di PLTU Teluk Sirih Padang, Sumatra Barat. Data tersebut kemudian diolah dan akan dilakukan simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1.

2.2 Pengumpulan Data

Tabel 1. Spesifikasi Generator PLTU Teluk Sirih

Manufacturer	Nanjing Turbin Generator Co., Ltd
Type	QFJ-112-2
Rated generator capacity (Sn)	130 MVA
Rated generator active power (Pn)	112 MW
Efficiency	98,40%
Standard	GB/T 7064
Rated voltage	13800 V
Rated current	5512 A
Power factor	0,85
Connection	Y
Speed	3000 r/min
Frequency	50 Hz
Phase	3
Insulation	F
D.C Resistance of stator winding 15° C	0,00957 Ω
D.C Resistance of excitation winding 15° C	0,294 Ω
Stator leakage reactance Xe (P.U)	0,142
Direct axis synchronous reactance Xd (P.U)	1,63
Direct axis transient reactance X'd (P.U)	0,1946
Direct axis sub transient reactance X''d (P.U)	0,1463
Negative phase sequence reactance X ₂ (P.U)	0,1635
Zero phase sequence reactance X ₀ (P.U)	0,077
Transient time constant T'd3	1,107 s
Sub transient time constant T''d3	0,04 s
Short circuit ratio	0,63

Tabel 2. Spesifikasi Transformator PLTU Teluk Sirih

Manufacture	Shandong Power Equipment Co., Ltd
Ratio	157,5 $\pm$ 8 $\times$ 1,25 % / 13,8 kV
Rated current	484 / 5512 A
Rated capacity	132 MVA
Z (impedansi)	12 %
Belitan	Ynd1
Zero sequence impedance	22,4 Ω

Tabel 3. Data Rele Arus Lebih

Protection Function	Over current relay
Merk	ALSTOM
Tipe	P120
Ratio CT	1600/1 A

2.3 Pemodelan Single Line Diagram Menggunakan software ETAP 19.0.1

Dalam mensimulasikan sistem maka diperlukan single line diagram yang kemudian akan dimasukkan kedalam bagian project software ETAP 19.0.1. Melalui simulasi ini akan dilakukan analisis gangguan hubung singkat, koordinasi proteksi dan setting rele arus lebih (OCR). Pemodelan dilakukan berdasarkan sistem dan alat yang ada yaitu dua buah generator, dua buah transformator, rele OCR dan bus.

Langkah selanjutnya adalah melakukan input data berdasarkan spesifikasi dari komponen seperti Generator, Transformator, Rele Arus Lebih, PMT dan CT dimana data ini sudah didapatkan lokasi penelitian. Langkah input data sebagai berikut.

1. Input Data Generator

Gambar 1. Input Data Generator

2. Input Data Transformator

Gambar 2. Input Data Transformator

3. Input Data Rele Arus Lebih

Library Quickpick - Relay

Manufacturer

- ABB
- AEG
- AEI
- Allen Bradley
- ALSTOM**
- ARCTEQ
- AREVA

Reference

Link

<http://www.alstom.com/grid>

Selection

☐ Protection Type ☒ Function

- ☐ Differential
- ☐ Distance
- ☒ Overcurrent
- ☐ Overload

Model

- CAG12
- CAG12C
- MCGG X2/X3
- MX3IPD1A
- MX3IPD1B
- MX3IPG1A
- P120**

Functions

Overcurrent

Reference

MiCOM P120

Brand Name

MiCOM

Application

Protection of industrial networks, utilities, HV & MV substations and MV & LV transformers

Help OK None Cancel

Gambar 3. Input Data Rele Arus Lebih

4. Input Data CT

Current Transformer(CT) Editor - CT1

Info Rating Checker Remarks Comment

Ratio

Primary	Sec.	Current Ratio	Turn Ratio
1600 A	1 A	1600 : 1	1600 : 1

Class

Designation 10P5

Burden 2.5 VA

CT1 OK Cancel

Gambar 4. Input Data CT

5. Input Data PMT

High Voltage Circuit Breaker Editor - CB1

Info Rating Reliability Interlock Remarks Comment

15 kV 0.05 sec 12.5 kA 31.5 kA

Standard

☐ ANSI

☒ IEC

Library Info

Library...

MFR Siemens

Model 15-3AF-12.5

Rating

Rated kV 15

Rated Amp 1250

TRV 0

Making Peak 31.5

Breaking 12.5

Time Constant 45

% dc 31.49

Ithr 12.5

Tkr 3

User-defined Tk 3

Min. Delay 0.052

Break Time 0.08

FPC Factor 1.5

T close 0.075

Application/Association

☐ Association

The circuit breaker has a higher dc rating as a Generator CB.

CB1

OK Cancel

Gambar 5. Input Data PMT

2.3 Simulasi Aliran Daya

Simulasi aliran daya menggunakan metode Gauss-Seidel [13] sesuai dengan teori terkait. Simulasi aliran daya ini dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan yang melalui tiap – tiap Bus. Simulasi aliran daya akan memperlihatkan aliran daya (nyata dan reaktif) yang ada pada sistem dan diketahui nilai dari tegangan, arus yang mengalir pada bus yang ada.

2.4 Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 fasa

Setelah merancang *single line* diagram PLTU Teluk Sirih maka akan dilakukan simulasi hubung singkat 3 fasa [14] gangguan ini mengakibatkan kenaikan arus pada generator secara tiba-tiba yang dapat disebabkan oleh besarnya reaktansi yang terjadi pada generator dan impedansi dari sistem tenaga. Gangguan hubung singkat 3 fasa disimulasikan menggunakan software ETAP 19.0.1 untuk mengetahui berapa besar nilai gangguan yang terjadi pada Bus yang diberi gangguan.



Gambar 6. Menu Simulasi Hubung Singkat ETAP 19.0.1**2.5 Penyettingan Rele Arus Lebih**

Setting rele didapatkan berdasarkan hasil dari gangguan hubung singkat yang telah didapatkan melalui simulasi dan perhitungan manual [15]. Hasil dari simulasi dan perhitungan manual kemudian akan di input pada rele OCR pada ETAP 19.0.1. Rumus untuk penyettingan dapat dilihat pada rumus dibawah.

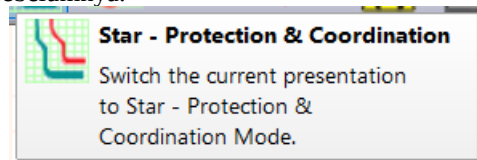
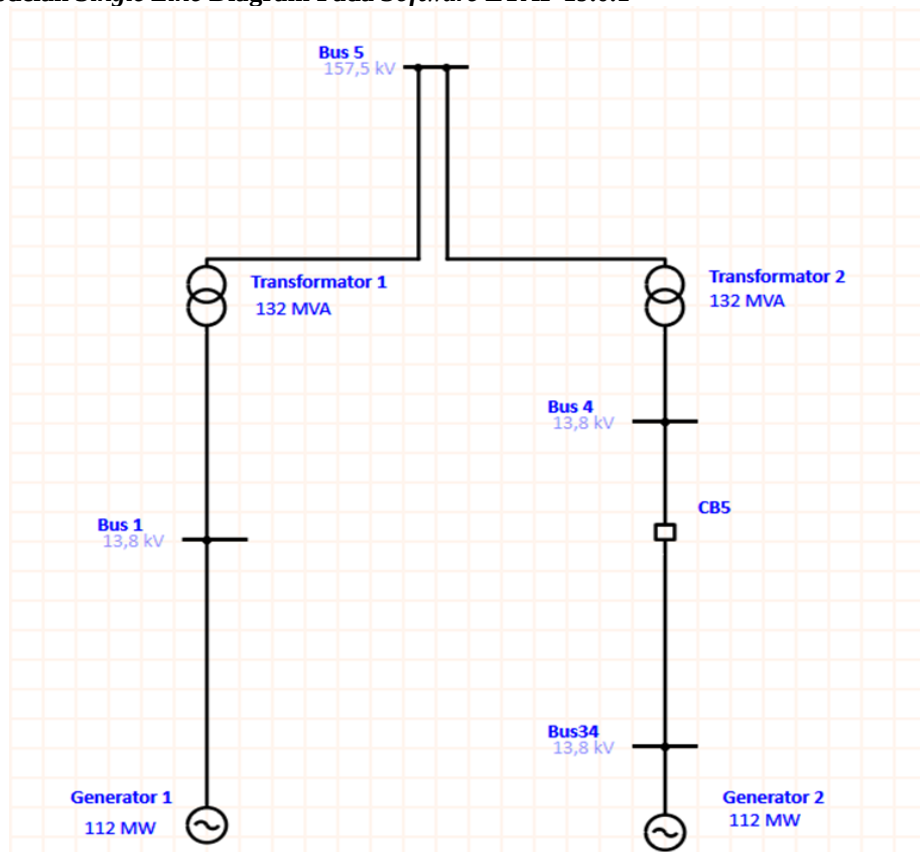
$$I_{rele} = I_n \times \frac{1}{Ratio\ CT\ OCR} \quad (1)$$

$$I_{set\ OCR} = 1,1 \times I_n \quad (2)$$

$$T_{ms} = \frac{tx \left[\left[\frac{I_{fault}}{I_{SET}} \right]^k - 1 \right]}{0,14} \quad (3)$$

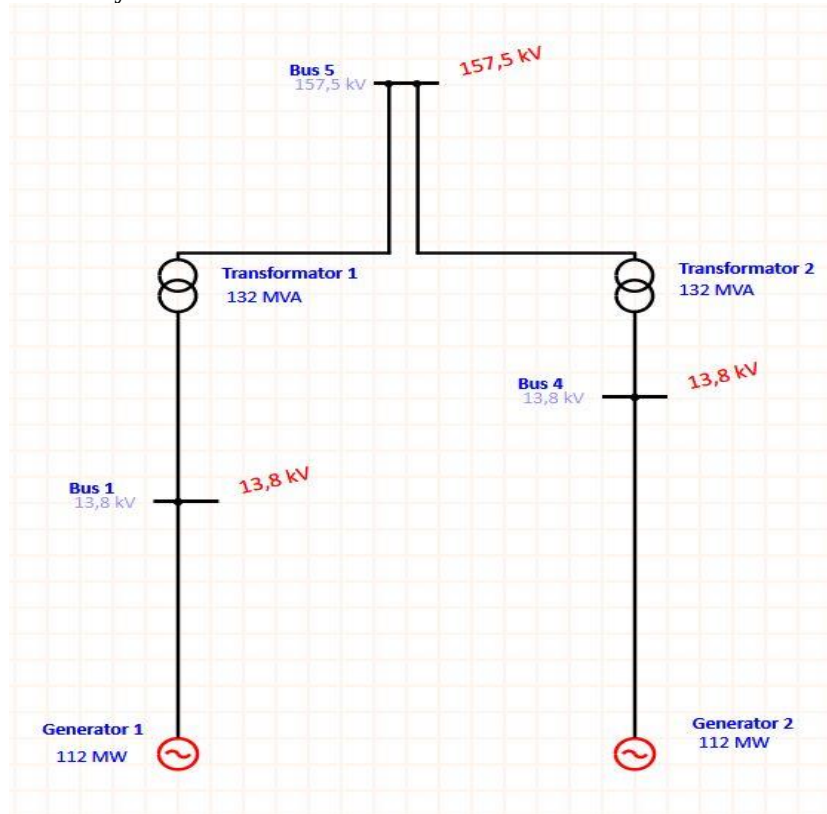
2.6 Simulasi Kinerja Rele

Setelah mengetahui hubung singkat yang terjadi, langkah selanjutnya adalah melakukan uji terhadap rele arus lebih yang telah ada. Hal ini untuk mengetahui apakah rele bekerja dengan baik sesuai dengan settingan yang telah dihitung dan di input sebelumnya.

**Gambar 7.** Menu Star Proteksi**3. HASIL DAN PEMBAHASAN****3.1 Pemodelan Single Line Diagram Pada Software ETAP 19.0.1****Gambar 8.** Single Line Diagram PLTU Teluk Sirih

Gambar 8 merupakan pemodelan single line diagram PLTU Teluk Sirih menggunakan software ETAP 19.0.1 dimana terdapat dua generator dengan kapasitas 112 MW dan dua buah transformator step up dengan kapasitas 132 MVA. Tegangan output pada rangkaian adalah sebesar 157,5 kV. Data yang telah didapatkan kemudian di input pada masing – masing komponen yang terdapat pada rangkain single line diagram.

3.2 Simulasi Aliran Daya



Gambar 9. Simulasi Aliran Daya Pada ETAP 19.0.1

Gambar 9 merupakan simulasi aliran daya yang dilakukan pada software ETAP 19.0.1. dengan metode Gauss-Siedel. Dari hasil simulasi aliran daya didapatkan bahwa tegangan yang mengalir pada bus sebelum masuk pada transformator adalah 13,8 kV sementara untuk tegangan keluaran setelah melewati kedua trafo adalah sebesar 157,5 kV.

Tabel 4. Hasil Simulasi Aliran Daya

Alat		Tegangan (kV)	
Bus 1		13,8	
Bus 4		13,8	
Bus 5		157,5	

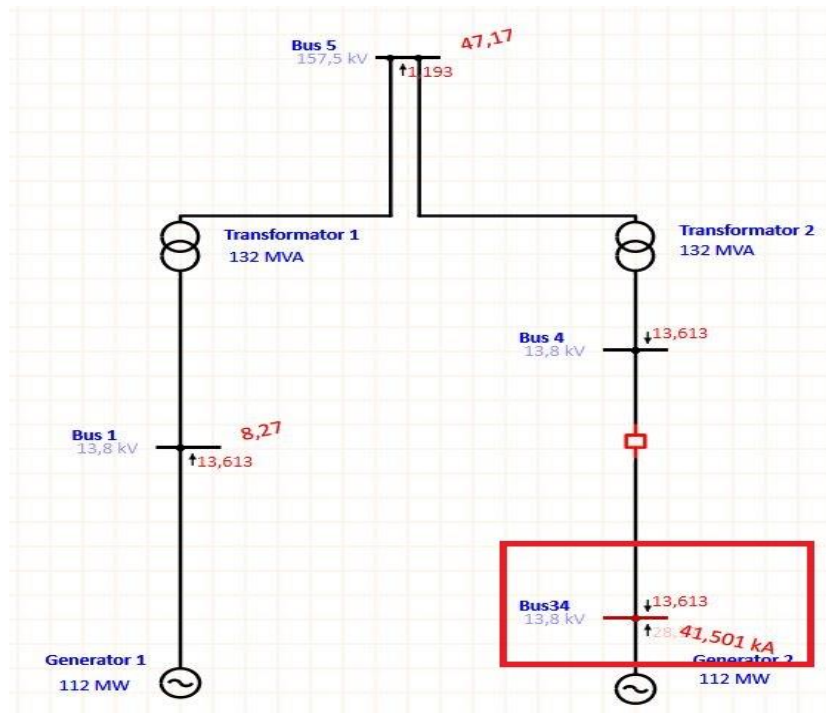
Tabel 4 merupakan hasil yang didapatkan setelah melakukan simulasi aliran daya pada software ETAP 19.0.1. Untuk mengetahui apakah rangkaian sudah benar maka dapat dilihat dari tegangannya yang dihasilkan pada bus. Terlihat pada bus1 dan bus 4 tegangan yang mengalir sebesar 13,8 kV sementara untuk keluaran pada bus 5 tegangan yang dihasilkan sebesar 157,5 kV. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa rangkaian dapat berjalan

3.3 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Tabel 5. Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Bus		Device		Short-Circuit (kA)					
ID	kV	ID	Type	I" 3 Fasa	ip	Ib sym	Ib Asym	Idc	Ik
Bus 2	13.800	CB	Bus	41.501	110.888	35.758	35.759	0.350	18.970

Tabel 5 merupakan hasil yang didapatkan setelah melakukan simulasi gangguan hubung singkat yang diberikan pada bus 2. Hasil yang didapatkan untuk gangguan hubung singkat 3 fasa adalah sebesar 41,501 kA dengan tegangan yang mengalir sebesar 13,8 kV.



Gambar 10. Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Setelah melakukan simulasi dan memberi gangguan hubung singkat 3 fasa pada area Bus 2 maka didapatkan hasil gangguan sebesar 41,501 kA atau 41501 A. Sesuai dengan gambar diatas. Besar nilai gangguan ini yang akan digunakan untuk melakukan setting pada rele arus lebih.

3.4 Setting Rele Arus Lebih (OCR)

1.
$$I_n = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} \times kVA_{base}}$$

$$= \frac{130000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13,8 \text{ kV}}$$

$$= 5438,87 \text{ A}$$

Besar nominal rating generator di PLTU Teluk Sirih adalah sebesar 5438,87 A
2.
$$I_{rele} = I_n \times \frac{1}{Ratio \text{ CT } OCR}$$

$$= 5438,87 \times \frac{1}{1600}$$

$$= 3,39 \text{ A}$$
3.
$$I_{set \text{ OCR}} = 1,1 \times I_n$$

$$= 1,1 \times 5438,87 \text{ A}$$

$$= 5982,757 \text{ A}$$
4.
$$T_s = \frac{k}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set \text{ OCR}}}\right)^{\alpha} - 1} \times TMS$$

$$= \frac{0,14}{\left(\frac{41501}{5438,87}\right)^{0,02} - 1} \times 0,1$$

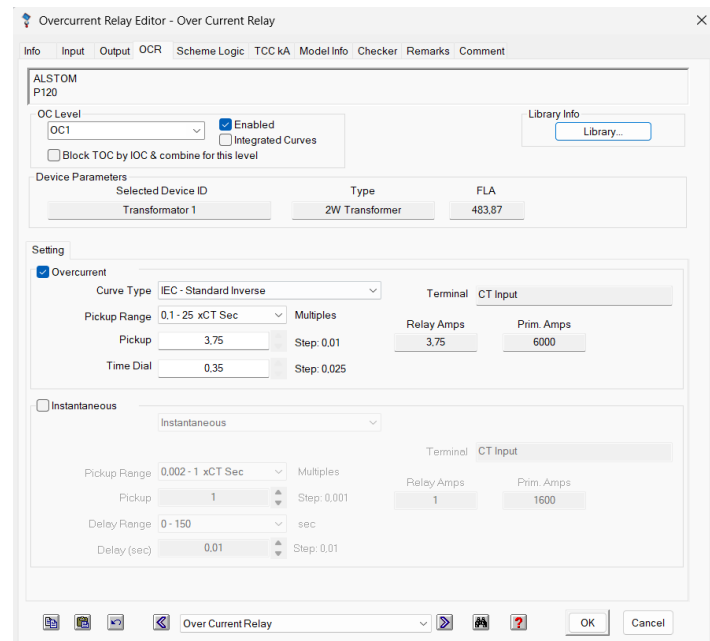
$$= 0,34 \text{ s}$$

Tabel 6. Hasil Setting Rele Arus Lebih

Keterangan	Hasil
I_{rele}	3,39 A

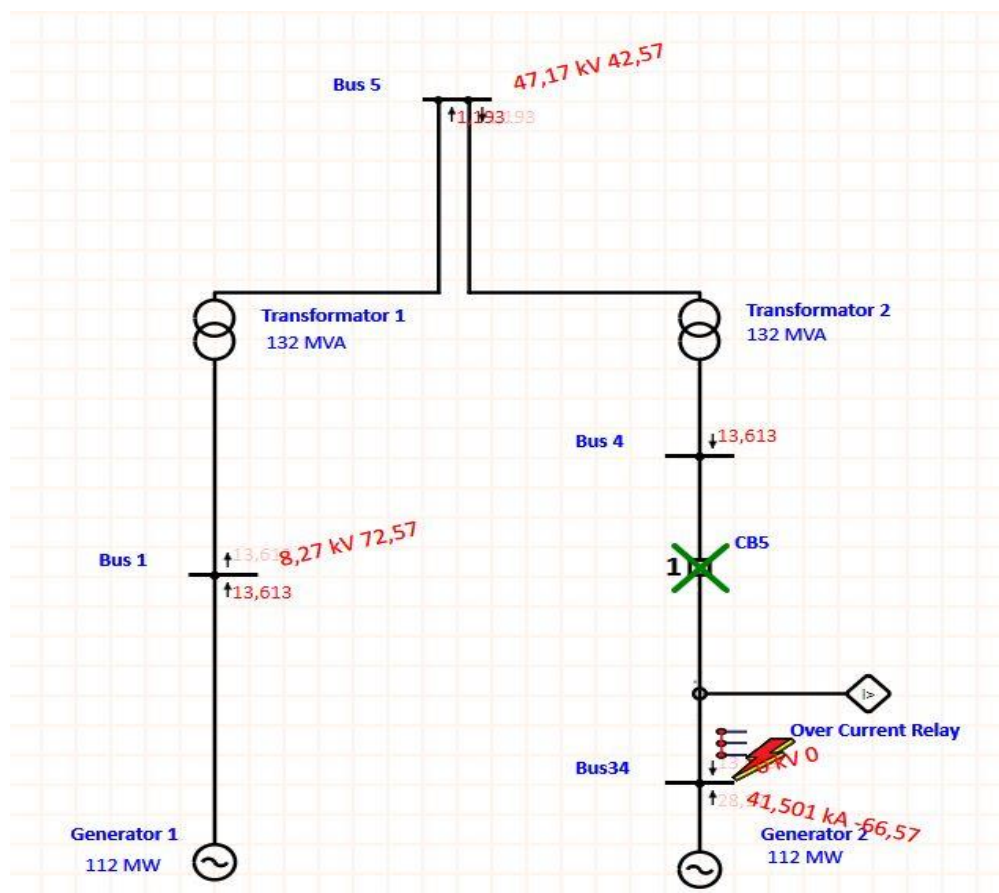
$I_{set\ OCR}$	5982,757 A
T_s (time)	0,34 s

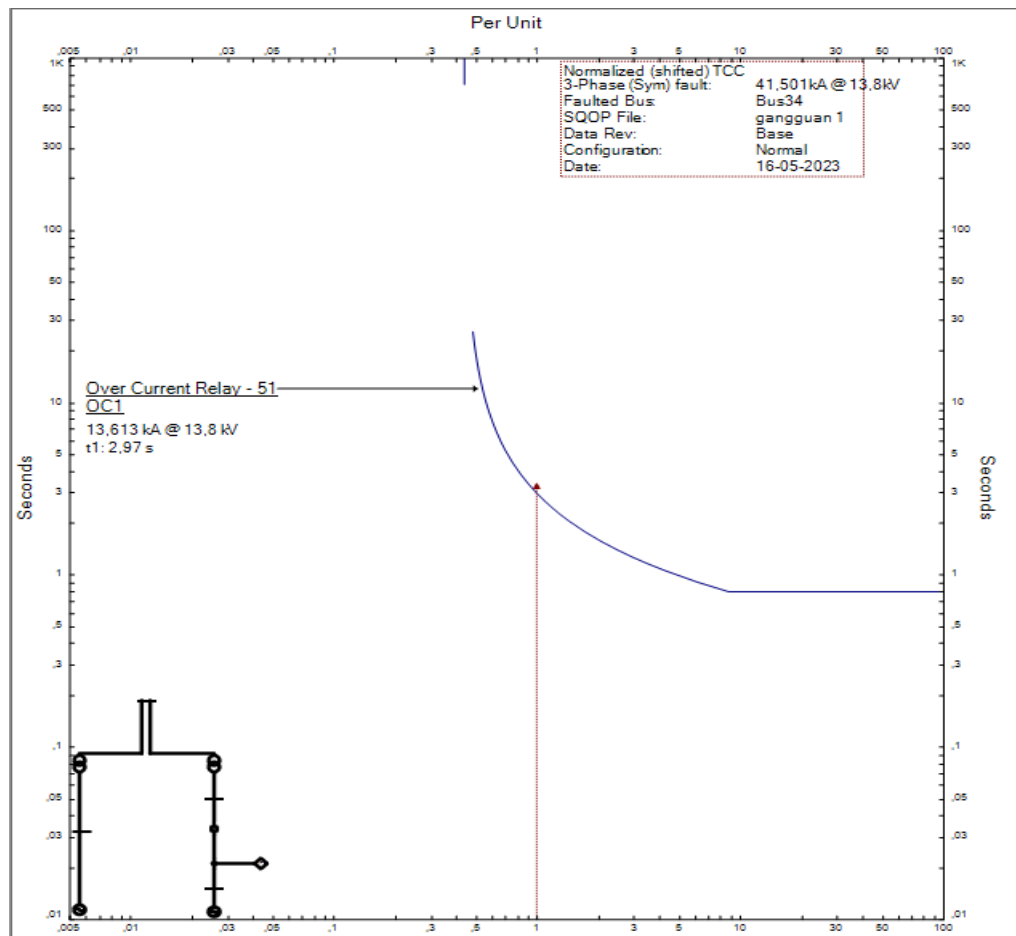
Hasil yang didapatkan pada tabel 6 diatas merupakan hasil settingan rele arus lebih yang kemudian akan di input ke data rele pada ETAP. Dengan I rele sebesar 3,39 A, Iset OCR 5982,757 A dan waktu kerja rele adalah 0,34 s dengan ratio CT yang ada pada data spesifikasi rele yaitu 1600:1.



Gambar 11. Input *Setting* Rele Arus Lebih

3.5 Hasil Simulasi Kinerja Rele Menggunakan ETAP 19.0.1



Gambar 12. Hasil Simulasi Kinerja Rele Pada *Single Line Diagram***Gambar 13.** Hasil Simulasi Kinerja Rele**Tabel 7.** Hasil Simulasi Kinerja Rele Arus Lebih

Nama Rele	Arus Gangguan (A)	Tegangan (kV)	Time Rele (s)
Over Current Relay	13613	13,8	2,97 s

Berikut merupakan hasil simulasi kinerja rele ketika diberi gangguan pada area Bus 2. Over Current Relay beroperasi dengan arus gangguan sebesar 13613 A pada tegangan 13,8 kV dengan waktu operasi rele yaitu 2,97 s.

Rele langsung bekerja ketika diberi gangguan disekitar area rele tersebut, rele memerintahkan CB/PMT untuk open atau membuka rangkaian sehingga arus gangguan tidak masuk kesistem. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6.6 dimana terdapat tanda silang pada CB 5 yang menyatakan bahwa rele bekerja

Hasil yang didapatkan ini berdasarkan nilai dari setting rele yang telah dihitung secara manual sebelumnya. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa rele bekerja sesuai dengan settingan ketika terjadi gangguan pada area bus 2.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa dalam penulisan laporan ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Besar gangguan hubung singkat 3 fasa yang dihasilkan dari simulasi menggunakan software ETAP 19.0.1 pada area Bus 2 single line diagram adalah sebesar 41501 A.
2. Perhitungan nilai setting rele arus lebih pada generator di PLTU Teluk Sirih dengan rasio CT 1600:1 yaitu arus rele sebesar 3,39 A, arus set OCR yaitu 5982,757 A dan waktu kerja rele adalah 0,34 s.
3. Hasil dari simulasi adalah rele bekerja sesuai dengan nilai setting yang telah ditentukan ketika diberi gangguan pada area bus 2. Sehingga rele memerintahkan CB untuk membuka rangkain ini dibuktikan dengan tanda silang pada gambar rangkaian simulasi.

4.2 Saran

Arus lebih akibat gangguan hubung singkat bisa saja terjadi pada generator, oleh karena itu diperlukan sebuah proteksi untuk menisolir hal ini. Settingan pada rele harus dilakukan secara berkala. Mengingat generator merupakan salah satu komponen utama dari PLTU maka diperlukan pemeliharaan rutin untuk mencegah gangguan – gangguan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Abbas, J. Jamaluddin, and A. Amiruddin, “Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di PLTU,” *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 15, no. 02, pp. 103–106, Oct. 2020, doi: 10.47398/iltek.v15i02.33.
- [2] A. V. Yunitasari and S. Pramono, “Sistem Proteksi Over Current Relay Motor Forced Draft Fan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap,” vol. 13, no. 1, 2021, doi: 10.24853/jurtek.13.1.55-62.
- [3] Z. Zulkarnaini, “Analisa Proteksi Arus Lebih Pada Generator PLTU Teluk Sirih,” *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 8, no. 1, pp. 28–34, Jan. 2019, doi: 10.21063/jte.2019.3133806.
- [4] U. Pembangkitan *et al.*, “Analisis Energi Hilang Akibat Gangguan pada Pembangkit di PT. PJB,” 2018.
- [5] S. Bandri, “Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang),” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, pp. 42–48, 2018.
- [6] Erwin and Kiswondo, *Dasar - Dasar Proteksi*. PLN University.
- [7] S. Nurhadiyono, N. Efendi, and P. Studi Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto Jalan Semangir No, “Analisis Setting Relay Proteksi Pengaman Arus Lebih Pada Generator (Studi Kasus di PLTU 2X300 MW Cilacap),” 2018.
- [8] R. Aita Diantari, T. Mardhi Rahmatullah, T. Elektro, and S. Tinggi Teknik -PLN, “Analisa Proteksi Differensial pada Generator di PLTU Suralaya,” 2017.
- [9] A. Multi and T. Addaus, “Analisa Proteksi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Transformator Daya Gardu Induk,” pp. 1–8, 2022, doi: 10.37277/stch.v32i1.
- [10] A. W. Hidayat, H. Gusmedi, L. Hakim, and D. Despa, “Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung,” *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 7, no. 3, 2021.
- [11] L. Shintawaty, “Sistem Proteksi Pada Generator di PLTG Musi 2 Palembang,” *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2019.
- [12] I. Operation Technology, “ETAP User Guide,” 2019.
- [13] M. Tugas Akhir Disusun Oleh, “Perbandingan Metode Gauss-Seidel, Metode Newton Raphson Dan Metode Fast Decoupled Dalam Solusi Aliran Daya.”
- [14] R. Aita Diantari, T. Mardhi Rahmatullah, T. Elektro, and S. Tinggi Teknik -PLN, “Analisa Proteksi Differensial Pada Generator di PLTU Suralaya,” *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 84–92, 2019.
- [15] A. Akmal *et al.*, “Studi Pengaturan Relay Arus Lebih Dan Relay Hubung Tanah Penyulang Timor 4 Pada Gardu Induk Studi kasus : Gardu Induk Dawuan,” *JURNAL INFOTRONIK*, vol. 2, no. 1, 2017.