

Analisis Sistem Proteksi Generator Menggunakan Over Current Relay Di PLTA Singkarak

Arvan Yolanda^{1*}, Chairul Nazalul Anshar², Yani Ridal³

^{1,2)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ekasakti, Sumatera Barat

³⁾ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas BungHatta, Sumatera Barat

*Email: arvanyolanda06@gmail.com

ABSTRAK

Sistem proteksi merupakan susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat mendeteksi atau mengukur adanya ketidak normalan pada peralatan, gangguan yang terjadi pada pusat pembangkit listrik dapat terjadi kapan saja, untuk itu diperlukan sistem proteksi atau sistem pengaman, yang berfungsi selain mengamankan peralatan pada pusat pembangkit juga untuk mencegah kerusakan peralatan lain dampak dari gangguan. Sistem proteksi generator di PLTA Singkarak dengan menggunakan Over Current Relay (OCR) serta menentukan settingan arus lebih dan relay dan juga menghitung arus nominal serta arus hubung singkat, dalam suatu generator 3 fasa di plta singkarak ada 4 unit masing-masing memiliki daya 52 MVA, teganga 10,5 kV, arus 2895 A, dan CT 300/5, kabel yang digunakan adalah XLPE/NAXS2Y/5x1x300, arus hubung singkat 1 fasa pada titik gangguan 50% adalah 638.880 A, 2 fasa 1.156.068 A, 3 fasa 2.349.429 A, 4,80 A setingan arus pada waktu operasi relay adalah 0,007 detik, dan TMS (Time Multiplier Setting) untuk satu fasa adalah 0,39 detik , untuk 2 fasa adalah 0,36 detik, dan untuk 3 fasa adalah 0,34 detik.

Kata kunci: Generator sinkron, OCR, Arus hubung singkat, dan CT.

1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik memiliki empat unsur utama yaitu pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban. Perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada peningkatan efisiensi dan kehandalan. Pada sisi pembangkitan, peningkatan kehandalan dapat dilakukan dengan cara memberikan safety (proteksi) kepada setiap peralatan utama maupun peralatan bantu[1]. Kehandalan suatu sistem tenaga listrik dapat terlihat ketika terjadinya gangguan yang dapat menyebabkan terganggunya penyaluran energi listrik ke konsumen. Dalam suatu sistem tenaga listrik tidak akan mungkin bebas dari gangguan. Gangguan yang terjadi bisa pada pembangkitan, transmisi, maupun distribusi. Salah satu contoh adalah gangguan yang terjadi pada terminal generator [2].

Generator adalah komponen utama yang sangat penting dalam pembangkitan energi listrik. Jika terjadi gangguan pada terminal generator maka akan menyebabkan terganggunya proses penyediaan energi listrik [3]. Analisa gangguan hubung singkat adalah analisis yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang di dalam sistem sewaktu gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam sistem tenaga listrik. Analisis gangguan hubung singkat merupakan suatu hal yang penting untuk menentukan rating arus hubung singkat, guna untuk melindungi perangkat dan peralatan sistem distribusi dari efek yang ditimbulkan beban [4].

Gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada peralatan listrik khususnya generator adalah hubung singkat antar fasa, hubung singkat antar lilitan, hubung singkat dengan tanah pada belitan rotor dan hubung singkat antar lilitan pada belitan rotor [5]. Karena sangat pentingnya proteksi generator, maka dibutuhkan pengaman terhadap arus lebih ini [6]. Pengaman ini berupa tiga jenis rele arus lebih

yang ada pada generator, yaitu relay arus lebih dengan voltage-restrained, relay arus lebih urutan negatif, dan relay arus lebih netral. Jika ada gangguan pada terminal generator maka relay ini akan memberikan masukan kepada circuit breaker untuk trip sehingga generator terhindar dari arus lebih yang lebih lama [7]. Untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik, relay arus lebih memiliki setting yang baik.

Dengan melakukan analisa dan evaluasi terhadap kinerja OCR berdasarkan setting yang tersedia, akan dapat diketahui kelayakan dari setting OCR tersebut[8]. Oleh karenanya perlu dilakukan penelitian dan analisa lebih lanjut untuk sistem proteksi generator pada PLTA Singkarak.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Adapun alur Penelitian ini menggunakan kuantitatif yaitu penelitian sistematis dengan melakukan pengamatan terhadap bagian-bagian objek untuk mengumpulkan data yang disajikan dalam bentuk angka yang digunakan dalam penelitian. Yaitu dengan melakukan analisis sistem proteksi generator menggunakan over current relay data yang di gunakan dalam penelitian ini adalah yaitu data yang langsung diperoleh dari PT. PLN (Persero) PLTA Singkarak [9].

2.2 Lokasi Penelitian

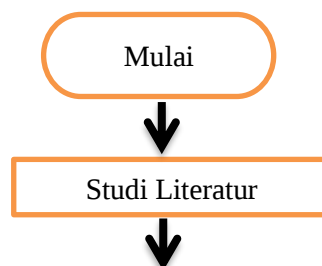
Penelitian dilaksanakan Anduring, Kec. 2 X 11 Kayu Tanam, Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat 25584.

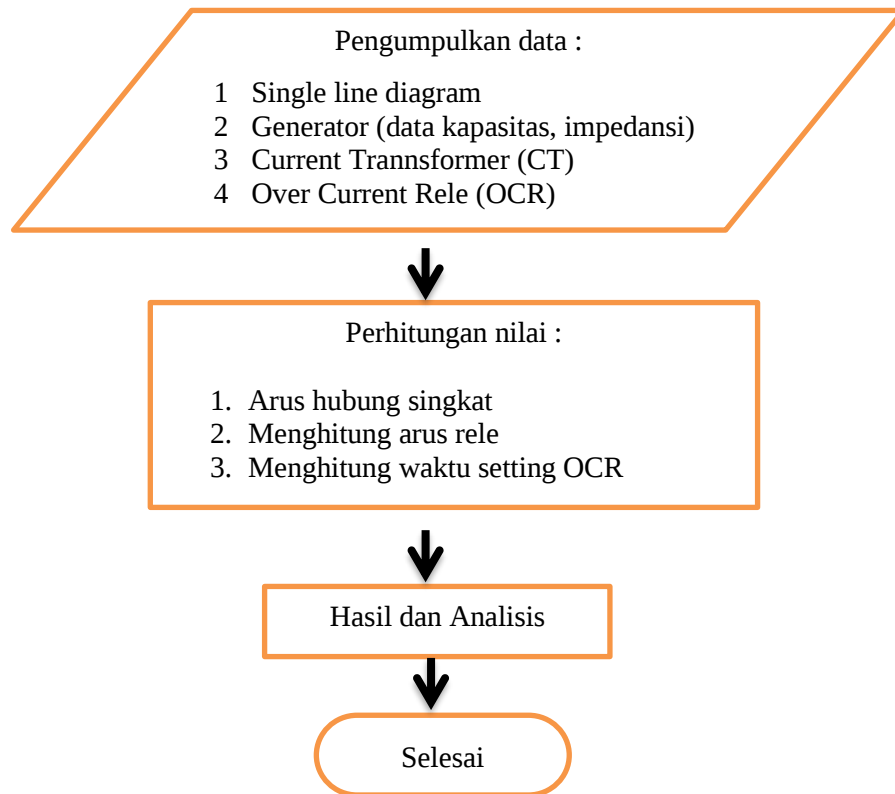


Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.3 Diagram Alir Penelitian

Jalannya penelitian mempunyai aturan-aturan khusus dalam memasukkan data untuk dianalisis. Adapun aturan penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar 2.





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Sebelum melaksanakan penelitian diperlukan untuk membuat rancangan penelitian, agar setiap langkah dan tujuan bisa dilakukan dengan baik. Penulis membuat rancangan penelitian dengan 5 tahap sebagai berikut:

- Studi Literatur

Studi literatur adalah pengumpulan referensi dari buku, karya ilmiah, jurnal, penelitian terdahulu yang berhubungan dan mendukung teori untuk penyelesaian penelitian “Analisis Sistem Proteksi Generator menggunakan over current relay Di PT.PLN (Persero) PLTA Singkarak”.

- Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari penelitian di PT. PLN (Persero) PLTA Singkarak. Data diperoleh dengan cara mengikuti prosedur sesuai yang dijelaskan instansi, yaitu dengan mengirim surat izin untuk pengambilan data dari pihak Universitas. Lalu menunggu balasan dari instansi terkait, setelah mendapatkan surat balasan barulah dilakukan pengambilan data sesuai kebutuhan penelitian. Data yang dibutuhkan yaitu berupa data proteksi pada generator yang terpasang. Berikut adalah data-data pada proteksi generator yang akan diambil, yaitu

- Gambar single line
- Generator kapasitas Dan Impedansi
- Data CT Dan OCR

2.5 Tahapan Analisa Data

Setelah data-data yang diperlukan telah terpenuhi kemudian melakukan perhitungan arus gangguan hubung singkat dan analisa berdasarkan data-data dan juga rumus-rumus dari referensi yang terkait. Adapun tahapan perhitungannya sebagai berikut :

- Arus gangguan

Adalah arus listrik yang tidak normal dan menyebabkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Berikut beberapa jenis arus gangguan antara lain sebagai berikut :

- Arus gangguan singkat 1 fasa ke tanah
- Arus gangguan fasa dengan fasa (antar fasa)
- Arus gangguan singkat dua fasa
- Arus hubung singkat

Adalah arus yang mengalir dalam sirkuit listrik tanpa hambatan hal ini terjadi saat arus listrik menyimpang dari jalur kabel yang terpasang, sehingga arus listrik mengalir melalui jaringan yang lebih pendek. Beberapa jenis arus hubung singkat anatara lain :

- Hubung singkat tiga fasa
- Hubung singkat dua fasa

- Over Curren Relay (OCR)

OCR adalah alat yang berfungsi untuk melindungi sistem kelistrikan dari gangguan yang menyebabkan arus lebih, OCR bekerja dengan mendeteksi arus yang melewati jaringan listrik menggunakan trafo arus.

- Waktu setting OCR

Adapun beberapa setting waktu OCR kurve definite time sebagai berikut :

- Standar invers

Adalah jenis relai arus lebih untuk dikoordinasikan karena selain memiliki tunda waktu yang statis dan juga memiliki ssetelan kurva arus dan waktu sehingga relai arus lebih jenis ini dapat memberikan tunda waktu tergantung dari arus yang diukur.

- Very invers
- Extremely invers
- Long time invers

- Time Multipler Setting (TMS)

2.6 Perhitungan Arus Gangguan

- Arus gangguan satu fasa ke tanah

Untuk mengetahui arus gangguan satu fasa ke tanah maka persamaan yang digunakan ialah:

$$I_{hs} = \frac{Ea}{(Z1+Z2+Z0) \times L} \quad (1)$$

Impedansi urutan positif memiliki nilai impedansi yang sama dengan impedansi urutan negatif. Karena $Z1=Z2$.

Dimana:

I_{hs} = Arus gangguan hubung singkat (A)

Ea = Tegangan fasa netral sistem (V)

$Z1$ = Impedans urutan positif (Ω)

$Z2$ = Impedans urutan negatif (Ω)

$Z0$ = Impedans urutan nol (Ω)

L = Panjang saluran(km)

- Arus gangguan fasa dengan fasa (antar fasa)

$$I_{hs} = \frac{Ea}{Z1+Z2+Zf} \quad (2)$$

Dimana:

I_{hs} = Arus hubung singkat (A)

E_a = Tegangan fasa (V)

Z_1 = Impedans urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedans urutan negatif (Ω)

Z_f = Impedans gangguan hubung singkat (Ω)

- Arus gangguan dua fasa ke tanah

Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah. Rumus untuk gangguan hubung singkat dua fasa dengan tanah adalah:

$$I_{hs} = \frac{E_a}{\frac{Z_0 \times Z_2}{Z_2 + Z_0} + Z_1} \quad (3)$$

Dimana :

I_{hs} = Arus hubung singkat (A)

E_a = Tegangan fasa (V)

Z_1 = Impedans urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedans urutan negatif (Ω)

Z_0 = Impedans urutan nol (Ω)

2.7 Perhitungan Hubung Singkat Dua Fasa

Gangguan hubung singkat dua fasa terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik hubung singkat.

Rumus untuk hubung singkat dua fasa adalah:

$$I_{hs} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 \times L} \quad (4)$$

Dimana :

I_{hs} = Arus hubung singkat (A)

E_a = Tegangan fasa (V)

Z_1 = Impedans urutan positif (Ω)

Z_2 = Impedans urutan negatif (Ω).

L = Panjang saluran (km)

2.8 Perhitungan Hubung Singkat 3 Fasa

Terjadinya arus lebih pada stator yang dimaksud adalah arus lebih yang timbul akibat terjadinya hubungan singkat 3 fasa. Gangguan ini akan menimbulkan loncatan bunga api dengan suhu yang tinggi yang akan melelehkan belitan dengan resiko terjadinya kebakaran, jika isolasi tidak terbuat dari bahan yang anti api (nonflammable).

Rumus untuk gangguan hubung singkat tiga fasa adalah:

$$I_{hs} = \frac{E_a}{Z_1 \times L} \quad (5)$$

Dimana :

I_{hs} = Arus hubung singkat (A)

E_a = Tegangan fasa (V)

Z_1 = Impedans urutan positif (Ω)

L = Panjang saluran (km)

2.9 TMS (Time Multiplier Setting)

Perhitungan TMS atau setting tunda waktu kuva definit time sebagai berikut :

- Standar invers

$$\text{TMS} = \frac{13,5 \times t}{\left(\frac{I_f^{0,02}}{I_s}\right) - 1} \quad (6)$$

Dimana :

t = Waktu operasi rele (Detik)

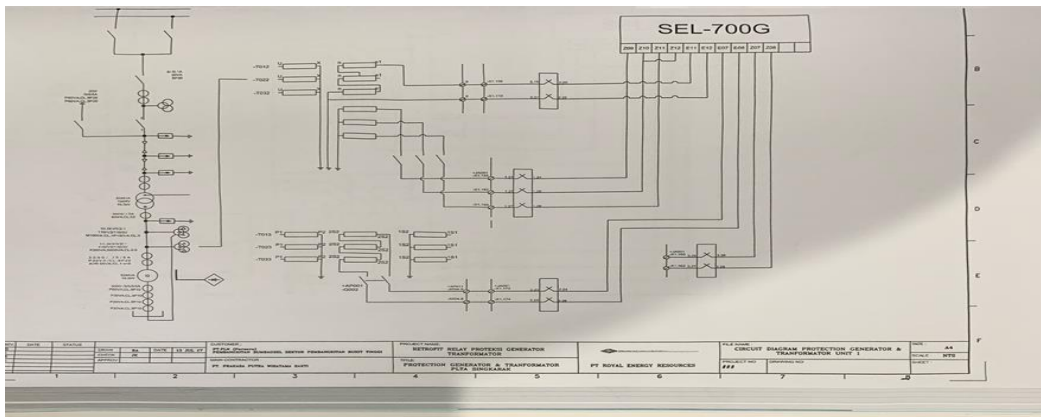
TMS = Setting tunda waktu (Detik)

I_s = Arus setting rele arus lebih waktu seketika (Ampere)

I_{hs} = Arus hubung singkat (Ampere)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Single Line Diagram Pada Generator



Gambar 3. Single Line Diagram pada Generator

3.2 Data Impedansi Urutan Positif dan Negatif

Tabel 1. Impedansi Urutan Jenis Kabel Positif dan Negatif

No	Jenis Kabel	Panjang Kabel (km)
1	Impedansi urutan positif ($Z_1 + Z_2$) = $\frac{0,125+j\,0,097}{5}$ = 0,025 + j0,0194 ohm/km	500 m = 0,5 km
2	Impedansi urutan negatif (Z_0) = $\frac{0,125+j\,0,029}{5}$ = 0,055 + j0,058 ohm/km	500 m = 0,5 km

3.3 Data Generator

Data generator ini digunakan untuk melakukan perhitungan yang akan dibutuhkan untuk perbandingan setting eksisting dengan hasil perhitungan. Data pada generator di PLTA Singkarak dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Generator

Parameter	Spesifikasi
Type	Ssv 400/12-165
Merek	Elin
No.Seri	1659107

Daya	52 Mva
Tegangan Kerja	10,5 Kv
Faktor Daya	0,85
Frekuensi	50 Hz
Rpm	500 Rpm
Koneksi	Bintang
Isolasi	F
Jumlah Kutub	6
Arus	2859 A

3.4 Data Rele Arus Lebih

Data rele arus lebih pada generator digunakan untuk melakukan perhitungan selanjutnya setelah perhitungan dari arus hubung singkat. Diantaranya adalah perhitungan arus nominal (I_n), arus setting (I_s), waktu operasi rele (t_{op}) dan time multiplier setting (TMS). Data pada rele arus lebih generator yang digunakan di PLTA Singkarak disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Rele Arus Lebih

Parameter	Spesifikasi
Merek	Sel 700g
Type	12.Ip65
No.Seri	3170790261
Karakteristik	Standar Inverse
Arus Setting	1,5 A
Tms	2 S
t_{op}	2 S

3.5 Data Rasio CT (Current Transformer)

Tabel 4. Data Rasio CT (Current Transformer)

Primer	Sekunder
3000	5

3.6 Data Setting Eksisting

Tabel 5. Data Setting Eksisting

Uraian	Eksisting
In (Arus nominal)	2859 A
Is (Arus setting)	1,5 A
t_{op}	2 s
TMS	1 s

3.7 Data Trafo

Tabel 6. Data Trafo

Parameter	Spesifikasi
Merek	Elin
No.Seri	1659108
Daya	52 Mva
Tegangan Kerja	150 Kv
Faktor Daya	0,85
Frekuensi	50 Hz
Koneksi	Bintang
Arus	2859,34 A

3.8 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Menghitung arus hubung singkat yang digunakan adalah arus hubung singkat satu fasa, arus hubung singkat dua fasa, arus hubung singkat tiga fasa. Berdasarkan pada rumus maka dilakukan perhitungan dibawah ini :

- Arus hubung singkat satu fasa pada titik gangguan 50%

Dimana $0,5 \times 100\%$

$$= 250 \text{ m} = 0,25 \text{ km}$$

$$= \frac{E_a}{(Z_1 + Z_2 + Z_0) \times L}$$

$$= \frac{6.069,36}{(0,105 + j0,044) \times 0,25}$$

$$= \frac{6.069,36 \angle 90}{0,0285 \angle 113,01}$$

$$= 21.280,77 \angle -23,01 \text{ A}$$

Jadi hasil perhitungan arus hubung singkat satu fasa adalah : 21.280,77 $\angle$ - 23,01 A.

- Arus hubung singkat dua fasa

$$I_{hs} = \frac{E_a}{(Z_1 + Z_2) \times L}$$

$$= \frac{10.500/\sqrt{3}}{2 \times 0,025 + j0,0194}$$

$$= \frac{6.062,17}{(0,05 + j0,0388) \times 0,25}$$

$$= \frac{6.062,17 \angle 90}{(0,063 \angle 37,81 \times 0,25 \angle 90)}$$

$$= 386.125,4 \angle -37,81 \text{ A}$$

Jadi hasil perhitungan arus hubung singkat dua fasa adalah : 386.125,4 $\angle$ -37,81A.

- Arus hubung singkat tiga fasa

$$I_{hs} = \frac{E_a}{Z_1 \times L}$$

$$= \frac{10.500/\sqrt{3}}{(0,025 + j0,0194) \times 0,25}$$

$$= \frac{6.069,36 \angle 90}{(0,0361 \angle 37,81 \times 0,25 \angle 90)}$$

$$= 767.363,29 \angle -37,81^\circ \text{ A}$$

Jadi hasil perhitungan arus hubung singkat tiga fasa adalah : $767.363,29 \angle -37,81^\circ \text{ A}$.

3.9 Perhitungan Time Multiplier Setting (TMS)

- Menghitung arus nominal

Perhitungan arus nominal ini akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan setting arus (I_n). Berdasarkan pada rumus cara perhitungan maka dilakukan perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned} I_n &= \frac{S}{V \times \sqrt{3}} \\ &= \frac{52.000}{10.500 \times \sqrt{3}} \\ &= \frac{52.000}{18,186} \end{aligned}$$

$$= 2.859,34 \text{ A}$$

Jadi dari perhitungan dari arus nominal adalah 2.859,34 A.

- Menghitung setelan arus

$$\begin{aligned} I_{\text{set}} &= 1,2 \times \frac{I_n \text{ trafo}}{I_n \text{ CT}} \\ &= 1,2 \times \frac{2.859,34}{3000} \\ &= 1,143 \end{aligned}$$

Jadi hasil perhitungan dari setelan arus adalah 1,143 A.

- Menghitung waktu operasi rele

Mehitungan pada waktu operasi relay akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan TMS (time multiplier setting). Berdasarkan pada rumus cara perhitungan maka dilakukan perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned} t &= I_s \times \frac{CT \text{ sekunder}}{CT \text{ primer}} \\ &= 1,143 \times \frac{5}{3000} \\ &= 1,143 \times 0,0016 \\ &= 0,0018 \text{ detik} \end{aligned}$$

- Menghitung TMS (Time multiplier setting)

Menghitung TMS dengan karakteristik rele adalah standar inverse maka dihitung dengan arus hubung singkat satu fasa berdasar rumus seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned} \text{➤ TMS} &= \frac{13,5 \times t}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02-1}} \\ &= \frac{13,5 \times 0,0018}{\left(\frac{21.270,77}{11,143}\right)^{0,02-1}} \\ &= \frac{0,0243}{(18.609,59)^{0,02-1}} \\ &= \frac{0,0243}{1,217-1} \end{aligned}$$

$$= 0,111 \text{ detik}$$

Jadi hasil perhitungan dari TMS (Time Multiplier Setting) dengan arus hubung singkat satu fasa adalah 0,111 detik.

- Menghitung TMS dengan karakteristik rele adalah standar inverse maka dihitung dengan arus hubung singkat dua fasa berdasarkan rumus diperoleh.

$$\begin{aligned} \text{➤ TMS} &= \frac{13,5 \times t}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \\ &= \frac{13,5 \times 0,0018}{\left(\frac{386.125,47}{1,143}\right)^{0,02} - 1} \\ &= \frac{0,0243}{(337.817,55)^{0,02} - 1} \\ &= \frac{0,0243}{1,289 - 1} \\ &= 0,084 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jadi hasil perhitungan dari TMS (Time Multiplier Setting) dengan arus hubung singkat dua fasa adalah 0,089 detik.

- Menghitung TMS dengan karakteristik rele adalah standar inverse maka dihitung dengan arus hubung singkat 3 fasa berdasarkan rumus seperti dibawah ini.

$$\begin{aligned} \text{➤ TMS} &= \frac{13,5 \times t}{\left(\frac{I_{hs}}{I_s}\right)^{0,02} - 1} \\ &= \frac{13,5 \times 0,0018}{\left(\frac{767.363,29}{1,143}\right)^{0,02} - 1} \\ &= \frac{0,0243}{(671.358,95)^{0,02} - 1} \\ &= \frac{0,0243}{1,307 - 1} \\ &= 0,079 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jadi hasil perhitungan dari TMS (time multiplier setting) dengan arus hubung singkat 3 fasa adalah 0,079 detik.

3.10 Perbandingan Settingan Eksisting Dan Hasil Perhitungan

Tabel 7. Perbandingan settingan eksisting dan hasil perhitungan

Uraian	Eksisting	Hasil perhitungan
In (Arus nominal)	2859 A	2859,34 A
Is (Arus setting)	1,5 A	1,143 A
t_{op}	2 detik	0,0018 detik
TMS	2 detik	fasa 0,11 detik fasa 0,084 detik fasa 0,079 detik

• Analisa

Berdasarkan data setting eksisting dan data setting hasil perhitungan, setting rele proteksi maka dibuat tabel perbandingan setting rele proteksi antara eksisting dan hasil perhitungan serta dapat diambil analisa yaitu :

1. Berdasarkan dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa untuk setting eksisting

rele arus lebih terdapat beberapa perbedaan dengan hasil perhitungan setting. Pada arus nominal (In) nilai setting eksistingnya adalah 2859 A dan nilai pada hasil perhitungan settingnya adalah 2859,34 A.

2. Pada time multiplier setting (TMS) nilai setting eksistingnya adalah 2 detik dan nilai pada hasil perhitungan settingnya adalah 1fasa 0,111 detik, 2 fasa 0,084 detik, 3 fasa 0,079 detik. Pada waktu operasi rele (t) nilai setting eksistingnya adalah 2 detik dan nilai pada hasil perhitungan settingnya adalah 0,0018 detik.
3. Pada arus setting (Is) nilai eksistingnya adalah 1,5 A sedangkan nilai pada hasil perhitungan adalah 1,143 A. Ini menyatakan bahwa arus setting hasil perhitungan mendekati dengan nilai setting eksistingnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan dalam skripsi ini dapat ditarik kesimpulan:

1. (Ihs) atau arus hubung singkat satu fasa pada titik gangguan 50% adalah 21.270,77 $\angle$ -23,01 A, (Ihs) atau arus hubung singakat dua fasa pada titik gangguan 50% adalah 386.125,47 $\angle$ -37,81 A, (Ihs) atau arus hubung singakat tiga fasa pada titik gangguan 50% adalah 767.363,29 $\angle$ -37,81 A
2. TMS (Time Multiplier Setting) pada satu fasa adalah 0,111 detik, TMS (Time Multiplier Setting) pada dua fasa adalah 0,084 detik, TMS (Time Multiplier Setting) pada tiga fasa adalah 0,079 detik, dan arus setelahnya 1,143 A.
3. Berdasarkan dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa untuk setting eksisting rele arus lebih terdapat beberapa perbedaan dengan hasil perhitungan setting. Pada arus nominal (In) nilai setting eksistingnya adalah 2859 A dan nilai pada hasil perhitungan settingnya adalah 2859,34 A.

4.2 Saran

Adapun beberapa saran yang diantaranya sebagai berikut :

1. Dalam setiap satu tahun harus melakukan settingan ulang kembali pada OCR
2. Selalu mencatat perubahan terhadap sistem selama alat bekerja, karena pengaturan pickup pada jaringan sangat bergantung pada besar beban yang terpasang pada sistem jaringan kelistrikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Dermawan and D. Nugroho, 'Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka', vol. 14, no. 2.
- [2] E. Fauziyah and I. Irwanto, 'ANALISIS SISTEM PROTEKSI GENERATOR MENGGUNAKAN OVER CURRENT RELAY DI PT. INDONESIA POWER', Comput. J. Ilm. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput., vol. 12, no. 2, Jul. 2022, doi: 10.30605/dcomputare.v12i2.46.
- [3] M. O. Fitriyani and M. Facta, 'EVALUASI SETTING RELAY PROTEKSI GENERATOR DAN TRAFU GENERATOR DI PLTGU TAMBAK LOROK BLOK'.
- [4] R. T. Jurnal, 'ANALISA PROTEKSI DIFFERENSIAL PADA GENERATOR DI PLTU SURALAYA', Energi Kelistrikan, vol. 9, no. 1, pp. 84–92, Nov. 2018, doi: 10.33322/energi.v9i1.51.

- [5] Y. P. Marbun, D. Meliala, and E. Zondra, ‘EVALUASI SISTEM PROTEKSI GENERATOR PLTMG BALAI’, vol. 1, 2017.
- [6] M. Nainggolan, ‘SISTEM PROTEKSI GENERATOR TURBIN PLTA DI PT INALUM (PERSERO)’.
- [7] U. Nurfaizi, ‘STUDI SISTEM PROTEKSI DIESEL ENGINE GENERATOR (DEG-350 KW) MENGGUNAKAN OVER CURRENT RELAY PT. PUPUK ISKANDAR MUDA’, 2022.
- [8] T. D. Saputro and S. Handoko, ‘EVALUASI SETTING RELAY PROTEKSI GENERATOR PADA PLAN PT. PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD. BETARA COMPLEX DEVELOPMENT PROJECT MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP 12.6.0’.
- [9] F. G. Savio, M. Pujiantara, and N. K. Aryani, ‘Optimasi Koordinasi Sistem Proteksi Inverse-time Over Current Relay pada Sistem Distribusi Radial dengan Pertimbangan Distributed Generator untuk Studi Kasus Area Lahat, Sumatera Selatan’, J. Tek. ITS, vol. 10, no. 2, pp. B152–B157, Dec. 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.67002.
- [10] P. Wira Asta Dharma, C. G. Indra Partha, and N. P. Satriya Utama, ‘ANALISA SISTEM PENGAMAN GENERATOR PLTDG DI PT INDONESIA POWER UNIT PEMBANGKITAN BALI’, J. SPEKTRUM, vol. 5, no. 2, p. 145, Dec. 2018, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2018.v05.i02.p18.