



Overcurrent Protection System Using SEPAM 1000+ T40 in the Transformer In The WHRPG Unit PT. Semen Padang

Sistem Proteksi Arus Lebih dengan Menggunakan SEPAM 1000+ T40 pada Transformator di Unit WHRPG PT. Semen Padang

Defri Alfian^{1*}, Liliana²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Corresponden E-Mail: ¹12050513780@students.uin-suska.ac.id, ²liliana@uin-suska.ac.id

Makalah: Diterima 10 June 2024; Diperbaiki 08 August 2024; Disetujui 13 August 2024
Corresponding Author: Defri Alfian

Abstrak

Transformator berfungsi mengubah tegangan listrik dari tinggi ke rendah atau sebaliknya. Pada transformator bisa terjadi gangguan seperti arus lebih yang dapat merusak transformator, contohnya transformator di WHRPG PT. Semen Padang. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan proteksi pada transformator untuk memastikan tidak terjadi kerusakan yang dapat mengganggu distribusi daya listrik ke beban saat terjadinya arus gangguan. Tujuan terkait dari masalah ini adalah melakukan setting proteksi yang tepat khususnya arus lebih pada transformator dengan peralatan SEPAM 1000+ jenis T40. Metode yang digunakan yaitu menentukan spesifikasi dan kapasitas transformator kemudian melakukan analisa dan perhitungan setting relay proteksi menggunakan SEPAM 1000+ T40. Berdasarkan spesifikasi dan kapasitas transformator didapatkan hasil bahwa nilai arus maksimum pada transformator adalah sebesar 146,63 A, sedangkan gangguan arus lebih maksimum yang bisa terjadi sebesar 2.443,8 A, sehingga dari nilai gangguan tersebut didapatkan nilai setting relay arus lebih sebesar 175,95 A dengan waktu kerja relay selama 0,25 s. Selanjutnya menginputkan hasil penyettingan tadi kedalam SEPAM 1000+ T40 di WHRPG PT. Semen Padang

Kata Kunci: arus lebih, proteksi, transformator, SEPAM 1000+ T40, WHRPG

Abstract

The transformer functions to change the electric voltage from high to low or vice versa. In transformers, disturbances such as overcurrent can occur which can damage the transformer, for example the transformer at WHRPG PT. Semen Padang. To overcome this problem, it is necessary to protect the transformer to ensure that no damage occurs which could disrupt the distribution of electrical power to the load when a fault current occurs. The related aim of this problem is to set appropriate protection, especially overcurrent on transformers with SEPAM 1000+ type T40 equipment. The method used is determining the specifications and capacity of the transformer then analyzing and calculating the protection relay settings using SEPAM 1000+ T40. Based on the specifications and capacity of the transformer, the results show that the maximum current value on the transformer is 146.63 A, while the maximum overcurrent disturbance that can occur is 2,443.8 A, so from this disturbance value the overcurrent relay setting value is 175.95 A. with a relay working time of 0.25 s. Next, input the results of the settings into SEPAM 1000+ T40 at WHRPG PT. Semen Padang

Keywords: overcurrent, protection, transformer, SEPAM 1000+ T40, WHRPG

1. Pendahuluan

Transformator adalah suatu alat yang sangat penting dalam penyaluran sistem tenaga listrik karena transformator merupakan alat yang berfungsi menurunkan atau menaikkan tegangan sebelum listrik disalurkan ke beban. Dalam proses penyaluran, transformator bisa saja mengalami gangguan antara lain arus lebih, kegagalan isolasi, gangguan akibat petir, kegagalan proteksi, gangguan harmonik, gangguan mekanis dan lain-lain yang dapat menyebabkan terhentinya proses penyaluran listrik. [1]

Gangguan arus lebih pada trafo dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya seperti hubung singkat yang terjadi akibat kerusakan pada isolasi kabel, kerusakan pada peralatan listrik, atau kesalahan dalam

perancangan sistem kelistrikan. Penyebab lainnya arus lebih yaitu beban lebih, Jika beban yang diberikan melebihi kapasitas tersebut, maka trafo akan mengalami gangguan arus lebih. Untuk mengatasi masalah tersebut bisa di proteksi dengan relay arus lebih yang diharapkan mampu mencegah kerusakan pada trafo jika terjadi gangguan arus lebih.[2]

Untuk mengantisipasi terjadinya gangguan-gangguan seperti yang telah disebutkan diatas, maka diperlukan sebuah sistem proteksi pada trafo tersebut. Sistem proteksi ini diharapkan mampu untuk mencegah kerusakan yang akan terjadi pada transformator tersebut.[3]

PT. Semen Padang adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi semen, untuk mendukung kegiatan bisnisnya PT. Semen Padang memiliki enam buah unit pabrik yang mana untuk menjalankannya PT. Semen Padang membutuhkan listrik sebesar 134,98 MW. Listrik yang besar tersebut disuplai dari PLN dengan kapasitas daya sebesar 140 MVA kemudian dibantu oleh pembangkit WHRPG (Waste Heat Recovery Power Generation).[4]

WHRPG merupakan sebuah teknologi baru dengan memanfaatkan gas panas yang terbuang dari hasil proses produksi semen untuk dikonversi menjadi energi listrik. WHRPG ini memiliki kapasitas sebesar 9 MVA, namun dalam pengoperasiannya listrik yang dihasilkan WHRPG tidak pernah mencapai kapasitas maksimalnya dan selalu berubah-ubah setiap saat, tergantung gas buang yang masuk ke boiler. Dengan bantuan WHRPG, perusahaan bisa menghemat pemakaian listrik dari PLN kurang lebih sebesar 7%. [5]

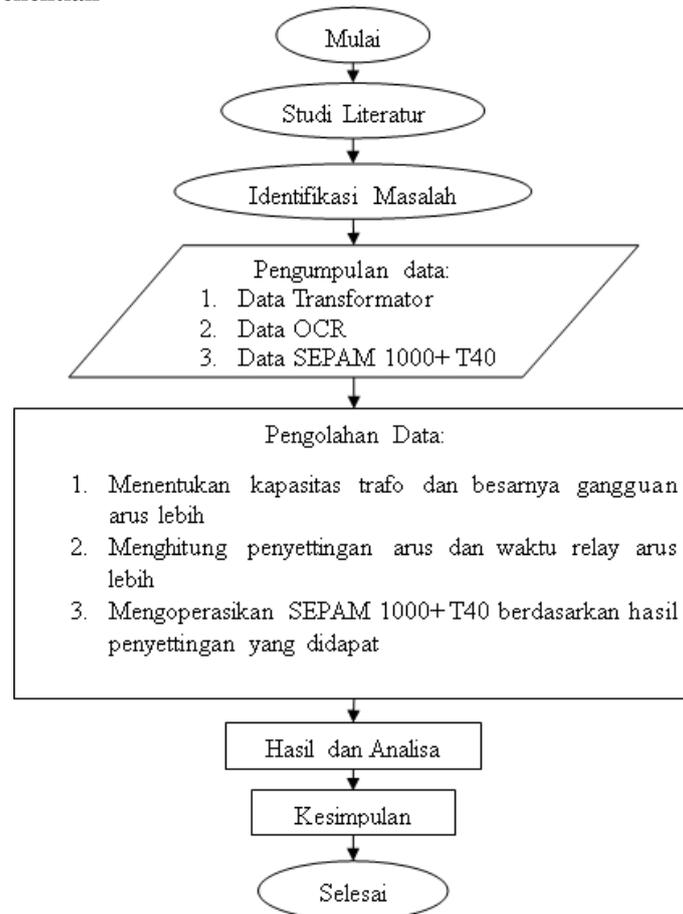
Dalam sistem pembangkitnya, WHRPG memiliki beberapa komponen utama diantaranya yaitu, boiler, turbin, kondensor, dan generator dan alat bantu lainnya. WHRPG menggunakan generator sinkron yang terhubung langsung ke gardu induk perusahaan. Dalam proses distribusi listrik, sistem pembangkit WHRPG ini terdapat sebuah trafo berjenis step down. Trafo ini memiliki kapasitas 1600 kVA yang berfungsi menurunkan tegangan dari 6,3 kV menjadi 400 V.[6]

Ada banyak masalah dan gangguan yang biasa terjadi pada trafo unit WHRPG ini, contohnya adalah gangguan over current atau arus lebih yang bisa menyebabkan kerusakan pada transformator tersebut, sehingga menyebabkan suplai listrik ke gardu induk perusahaan terganggu. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut pihak WHRPG memberikan sebuah proteksi dengan menggunakan SEPAM 1000+ jenis T40 yang berfungsi mengontrol dan memonitor hubungan relay-relay dalam mengamankan transformator, serta memproteksi jaringan dan mengendalikan suplai listrik yang melewati transformator. SEPAM 1000+ terdiri atas jajaran relay-relay proteksi, salah satunya relai arus lebih. Agar sistem proteksi tersebut bekerja dengan semestinya perlu dilakukan penyettingan pada relay tersebut.[4]

Dalam jurnal ini penulis akan berfokus kepada cara setting relay arus lebih yang terdapat pada SEPAM 1000+ T40 untuk proteksi transformator pada unit WHRPG. Oleh karena itu penulis mengangkat judul laporan kerja praktek "Sistem Proteksi Arus Lebih Dengan SEPAM 1000+ T40 Pada Transformator di WHRPG PT. Semen Padang".

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

2.3 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan referensi terkait berupa jurnal, skripsi ataupun buku. Dari referensi inilah didapatkan informasi berupa teori ataupun metode yang dapat digunakan sebagai pedoman atau rujukan oleh peneliti untuk melakukan penelitian dalam kerja praktek.

2.4 Identifikasi Masalah

Kerja praktek ini dilaksanakan di PT. Semen Padang dengan tujuan penelitian untuk menentukan spesifikasi dan kapasitas transformator yang terpasang di WHRPG PT. Semen Padang kemudian melakukan analisa dan setting relay proteksi menggunakan SEPAM 1000+ T40.

2.5 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data spesifikasi transformator, data relay arus lebih, dan spesifikasi SEPAM 1000+ yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Transformator 1,6 MVA di WHRPG[7]

Merk/Tipe	Trafindo/Stepdown
Jumlah Fasa	3
Frekuensi	50 Hz
Impedansi	6%
Kapasitas	1600 kVa
Tegangan Sisi Primer	6300 V
Tegangan Sisi Sekunder	400 V
Arus Nominal Sisi Primer	146,63 A
Arus Nominal Sisi Sekunder	2309,4 A

Tabel 2. Data Relay Arus Lebih[8]

<i>Protection Function</i>	Relay Arus Lebih
<i>Manufacturer</i>	Merlin Gerin
<i>Model</i>	Sepam 1000
<i>Curve Type</i>	Standart invers
<i>FLA</i>	146 A
<i>CT Ratio</i>	300/5 A
<i>TMS</i>	0,1 s

Tabel 3. Spesifikasi SEPAM 1000+ yang digunakan

Electrical characteristics				
analog inputs				
current transformer ⁽¹⁾	1 A CT	< 0.001 VA		
1 A to 6250 A ratings	5 A CT	< 0.025 VA		
voltage transformer	100 to 120 V	> 100 kΩ		
220 V to 250 kV ratings				
input for RTDs ⁽²⁾ (MET 148 module)				
type of RTD	Pt 100	Ni 100 / 120		
isolation from earth	no	no		
logic inputs (MES 108 or MES 114 module)				
voltage ⁽²⁾	24 to 250 Vdc	-20/+10%	(from 19.2 to 275 Vdc)	
consumption	3 mA typical			
control logic outputs (O1, O2, O11 contacts) ⁽²⁾				
voltage	DC	24 / 48 Vdc	127 Vdc	220 Vdc
	AC (47.5 to 63 Hz)			100 to 240 Vac
continuous rating		8 A	8 A	8 A
breaking capacity	resistive load	8 / 4 A	0.7 A	0.3 A
	L/R load < 20 ms	6 / 2 A	0.5 A	0.2 A
	L/R load < 40 ms	4 / 1 A	0.2 A	0.1 A
	resistive load			8 A
	load p.f. > 0.3			5 A
monitoring logic outputs (O3, O4, O12, O13, O14 contacts) ⁽²⁾				
voltage	DC	24 / 48 Vdc	127 Vdc	220 Vdc
	AC (47.5 to 63 Hz)			100 to 240 Vac
continuous rating		2 A	2 A	2 A
breaking capacity	L/R load < 20 ms	2 / 1 A	0.5 A	0.15 A
	load p.f. > 0.3			1 A
power supply ⁽²⁾				
	range	deactivated cons. ⁽³⁾	max. cons. ⁽³⁾	inrush current
24 Vdc	-20% +50 % (19.2 to 36 Vdc)	3 to 6 W	7 to 11 W	< 10 A for 10 ms
48 / 250 Vdc	-20% +10 %	2 to 4.5 W	6 to 8 W	< 10 A for 10 ms
110 / 240 Vac	-20% +10 % (47.5 to 63 Hz)	3 to 9 VA	9 to 15 VA	< 15 A for first half-period
analog output (MSA 141 module)				
current	4 - 20 mA, 0 - 20 mA, 0 - 10 mA			
load impedance	< 600 Ω (wiring included) ⁽²⁾			
accuracy	0.5%			

⁽¹⁾ wiring: maximum core section ≤ 6 mm² (≥ AWG 10) and ring lug terminal ø 4 mm.
⁽²⁾ wiring: 1 wire maximum core section 0.2 to 2.5 mm² (≥ AWG 24-12) or 2 wires maximum core section 0.2 to 1mm² (≥ AWG 24-16).
⁽³⁾ according to configuration.

2.6 Pengolahan Data

Setelah semua data didapatkan, maka tahapan selanjutnya adalah mengolah data tersebut. Dalam pengolahan data ini ada beberapa langkah yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

a. Menentukan Arus Beban Penuh Trafo Dan Besarnya Gangguan Arus Lebih

Spesifikasi dan kapasitas trafo diperlukan untuk mencari besarnya gangguan arus lebih yang dapat terjadi. Besarnya gangguan arus lebih pada trafo bisa didapatkan dengan mencari besarnya arus beban penuh pada trafo, setelah arus beban penuhnya diketahui baru mencari arus lebih maksimum yang terjadi pada trafo. Untuk mencari arus beban penuh dapat menggunakan persamaan 2.1 sedangkan untuk mencari besarnya gangguan arus lebih dapat menggunakan persamaan 2.2 berikut.

$$IFL = \frac{S}{\sqrt{3}xV} \quad (2.1)$$

$$ISC = \frac{100\%}{Z} x IFL \quad (2.2)$$

b. Menghitung Penyettingan Arus dan Waktu Relay Arus Lebih

Setelah besarnya gangguan arus lebih didapatkan, selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai setting arus pada relay menggunakan persamaan 2.3 selanjutnya melakukan setting waktu kerja relay menggunakan persamaan 2.4, setting waktu ini untuk menentukan berapa lama relay akan bekerja setelah gangguan terdeteksi.

$$I_{set} = 1,2 x I_n \quad (2.3)$$

$$T_S = \frac{k}{\left(\frac{I_{ns}}{I_{set}}\right)^a - 1} x TMS \quad (2.4)$$

c. Cara Mengoperasikan SEPAM 1000+ Berdasarkan Hasil Penyettingan Relay

Langkah terakhir adalah memasukkan nilai penyettingan relay yang didapat kedalam SEPAM 1000+ T40.

2.7 Hasil dan Analisa

Menganalisis hasil merupakan langkah yang dilakukan sebagai bagian dari penyusunan laporan praktek. Analisa hasil menggunakan data yang dikumpulkan dan diproses sebelumnya dari masalah yang diidentifikasi sebelumnya. Ada beberapa hasil yang diperoleh dalam penyusunan laporan ini yaitu:

1. Besarnya Arus Beban Penuh transformator dan gangguan arus lebih yang terjadi pada trafo
2. Hasil penyettingan relay arus lebih
3. Pengoperasian SEPAM 1000+ berdasarkan hasil penyettingan relay

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Arus Beban Penuh Trafo dan Besarnya Gangguan Arus Lebih Pada Trafo

a. Perhitungan Arus Beban Penuh Trafo

Arus beban penuh pada trafo (transformer) adalah arus maksimum yang dapat dialirkan melalui trafo saat beban pada trafo mencapai nilai penuh atau rating beban penuh. Dalam kondisi ini, trafo akan mengalami pemanasan yang cukup besar karena arus yang cukup besar dialirkan melalui lilitan trafo. Nilai arus beban penuh pada trafo dapat dinyatakan dalam satuan ampere (A). Berdasarkan persamaan berikut hasil perhitungan arus beban penuh pada trafo WHRPG PT. Semen Padang:

$$IFL = \frac{S}{\sqrt{3}xV}$$

$$IFL = \frac{1600}{\sqrt{3}x6,3}$$

$$IFL = 146,62 A$$

Dari perhitungan diatas terlihat besar arus beban penuh yang melewati trafo adalah 146,62 A, nilai tersebut didapatkan berdasarkan kapasitas transformator yang terpasang. Berdasarkan nilai IFL (arus beban penuh trafo) inilah nantinya kita dapat mencari besarnya nilai gangguan arus lebih yang bisa terjadi pada trafo sehingga settingan arus relai arus lebih dapat ditentukan.

b. Perhitungan Gangguan Arus Lebih Maksimum Pada Trafo

Setelah arus hubung singkat trafo diketahui, selanjutnya menghitung gangguan arus lebih maksimum pada trafo, berikut hasil perhitungan arus gangguannya:

$$ISC = \frac{100\%}{Z} x IFL$$

$$ISC = \frac{100\%}{6\%} x 146,62$$

$$ISC = 2.443,8 A$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan besarnya arus gangguan yang bisa terjadi pada transformator yaitu sebesar 2.443,8 A. Nilai ini didapatkan bukan berdasarkan gangguan yang pernah terjadi, melainkan berdasarkan kapasitas transformator yang terpasang, karena disaat penulis melaksanakan kerja praktek tidak pernah terjadi gangguan tersebut. Dari perhitungan besaran gangguan arus lebih pada trafo ini selanjutnya dijadikan acuan untuk menghitung nilai setting arus dan waktu relay arus lebih.

Tabel 5. Perhitungan Matematis Gangguan Arus Lebih Trafo

No	Persamaan	Hasil Perhitungan
1.	Arus Beban Penuh Trafo (IFL)	146,62 A
2.	Arus Lebih Maksimum Trafo (ISC)	2.443,8 A

3.2 Hasil Penyettingan Relay Arus Lebih

a. Perhitungan Arus Setting Pada Relay

Langkah pertama dalam penyettingan relay adalah menghitung arus settingnya berdasarkan nilai arus beban penuh trafo. Berikut hasil perhitungannya:

$$I_{Set} = 1,2 \times I_n$$

$$I_{Set} = 1,2 \times 146,62$$

$$I_{Set} = 175,95 \text{ A}$$

Untuk nilai arus setting relay arus lebih, penulis menyetting berdasarkan dari kapasitas transformator yang terpasang karena seperti yang telah disebutkan bahwa saat penulis melakukan kerja praktek tidak ada terjadi gangguan arus lebih pada transformator tersebut. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil untuk nilai arus setting relay arus lebih sebesar 175,95 A.

b. Perhitungan Waktu Kerja Relay

Setelah arus setting didapat selanjutnya adalah Setting waktu kerja relay

$$T_s = \frac{k}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right)^a - 1} \times TMS$$

$$T_s = \frac{0,14}{\left(\frac{2.443,8}{175,95}\right)^{0,02} - 1} \times 0,1$$

$$T_s = 0,25 \text{ s}$$

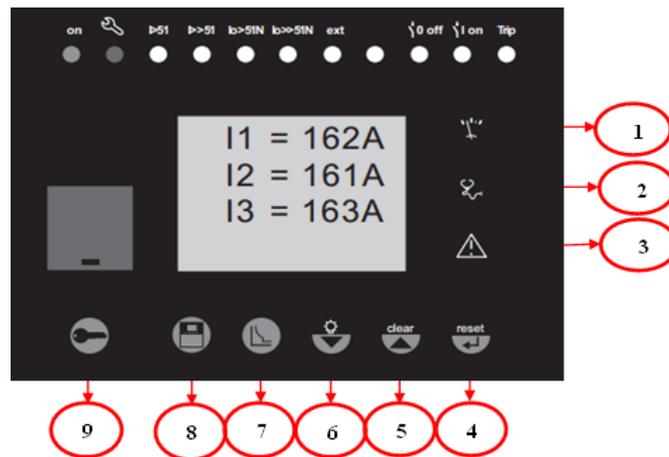
Dapat dilihat dari hasil perhitungan bahwa relay akan bekerja 0,25 s setelah gangguan terdeteksi. Untuk penyettingan waktu kerja relay ini disetting berdasarkan waktu TMS yang terpasang pada relai yaitu sebesar 0,1 s. Jenis kurva yang waktu yang dipakai yaitu jenis standart invers time, yaitu relai akan semakin cepat bekerja jika arus gangguan yang terjadi semakin besar. Setelah semua perhitungan terkait setting relay dilakukan, selanjutnya melakukan penginputan nilai Setting pada SEPAM 1000+ jenis T40.

Tabel 6. Perhitungan Matematis Setting Relay Arus Lebih

No	Persamaan	Hasil Perhitungan
1.	Arus Setting Relay (I_{Set})	175,95 A
2.	Waktu Kerja Relay (T_s)	0,25 s

3.3 Cara Pengoperasian dan Setting SEPAM 1000+ T40

Tampak depan SEPAM 1000+ :



Gambar 2. Tampak Depan SEPAM 1000+ T40

Keterangan :

1. Tampilan Pengukuran
2. Tampilan diagnosa jaringan
3. Tampilan pesan alarm
4. Tombol menghapus alarm dan setting
5. Tombol pengakuan / menghilangkan alarm
6. Tombol lampu test
7. Tombol masukan untuk setting proteksi
8. Tombol masukan untuk setting parameter
9. Tombol masukan "PIN" / Kode untuk merubah harga setting proteksi

Sebelum memulai setting SEPAM 1000+ ada langkah pertama yang harus dilakukan adalah, hidupkan atau "ON" kan switch MCB untuk power supply relay (VDC atau VAc). Lampu indikasi "ON" berwarna hijau menyala, bersamaan dengan lampu indikasi berwarna merah yang menyala kedip. Lampu berwarna merah yang berkedip akan mati secara otomatis dalam 5 detik atau sampai dengan tampilan display menunjukkan posisi normal.

a. Memasukkan atau Merubah Nilai Setting Proteksi

Cara mengoperasikan setting nilai pada relay proteksi :

Untuk merubah atau memasukkan suatu nilai/angka proteksi pergunakan tombol "Enter atau reset – no.4 dan untuk mengisi atau merubah huruf/digit nya pergunakan tombol "Tanda panah naik/turun no. 5 – 6 dan setiap selesai memasukkan atau merubah nilai setting posisikan pilihan pada tulisan "Apply" dengan menekan no.6 tanda panah turun, setelah itu lakukan konfirmasi tanda setuju dengan menekan no.4 – tanda "Enter/reset".

1. Tekan no.9 / tanda "Kunci" untuk membuka dan memasukkan PIN/password
2. Tekan no.4 / tanda "enter/reset" sebanyak lima kali untuk membuka data setting
3. Tekan no.6 / tanda "panah turun" dan posisikan pada pilihan "apply"
4. Tekan no.4 / tanda "enter/reset" dan nilai/harga setting proteksi yang didapat tadi siap untuk dimasukkan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. Nilai arus maksimum yang terdapat pada transformator unit WHRPG adalah sebesar 146,63 A, sedangkan gangguan arus lebih maksimum yang bisa terjadi sebesar 2.443,8 A
2. Nilai setting relay arus lebih sebesar 175,95 A dengan waktu kerja relay selama 0,25 s, settingan ini bukan berdasarkan gangguan yang pernah terjadi, melainkan berdasarkan kapasitas transformator yang terpasang.
3. Nilai setting yang didapat kemudian diinputkan kedalam SEPAM 1000+ T40 dengan cara membuka kunci kemudian membuka data setting, kemudian melakukan reset nilai dan memasukan nilai settingan yang telah didapat.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil dari laporan ini, penulis melakukan penyettingan relay arus lebih hanya berdasarkan kapasitas transformator yang terpasang saat ini, untuk itu penulis menyarankan untuk melakukan pemeliharaan

secara berkala dan juga melakukan perhitungan setting relay selanjutnya didasarkan pada arus gangguan yang pernah terjadi sehingga kemungkinan terjadinya gangguan yang dapat merusak transformator dapat dihindari.

Referensi

- [1] I. Gusti, P. Arka, N. Mudiana, And G. K. Abasana, "Analysis Of Short Circuit Current In The 20 Kv Feeder By Using Over Current Relay (Ocr) And Ground Fault Relay (Gfr)," 2016.
- [2] A. Azis, D. Irine, And K. Febrianti, "Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang," *Jurnal Ampere*, Vol. 4, No. 2, 2019.
- [3] J. Manihuruk And N. L. Sitanggang, "Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 Kv," 2021.
- [4] Anugrah Akbar, *Proteksi Sepam 1000+ Pada Waste Heat Recovery Power Generation Pt. Semen Padang*. Universitas Andalas, 2016.
- [5] Biro Pembinaan Dan Pengembangan Personil, *Pengenalan Peralatan Listrik Dan Instrumen*. Padang: Pt. Semen Padang, 1996.
- [6] Unit Whrpg Dan Utilitas, *Peralatan Dan Mesin-Mesin Listrik*. Padang: Pt. Semen Padang, 2011.
- [7] Biro Pembinaan Dan Pengembangan Personil, *Peralatan Dan Mesin-Mesin Pabrik*. Padang: Pt. Semen Padang, 1996.
- [8] Biro Pembinaan Dan Pengembangan Personil, *Preventive Dan Maintenance Mesin-Mesin Listrik*. Padang: Pt. Semen Padang, 1996.