JREEC
JOURNAL RENEWABLE ENERGY ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Analisa Penggunaan Relai Diferensial Sebagao Proteksi Pada Transformator Daya Gardu Induk Sekarputih (PT. PLN PERSERO)

Asep Satya Prakarsa

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 04
Nomer 01 April 2024

Halaman:
23 – 30
Tanggal Terbit :
30 April 2024

DOI:
10.31284/j.JREEC.2024.
V41i1.5784

ABSTRACT

A transformer is an electrical device capable of converting and transferring electrical energy from one or more circuits to magnetically connected circuits based on the principle of electromagnetic induction without changing the frequency. Installing protective relays on power transformers at the Sekarputih Main Substation aims to protect equipment and systems so that losses due to disturbances can be avoided or minimized as much as possible. One of the most important protections is differential protection. Therefore, to improve the differential relay setting values, the particle swarm optimization (PSO) method was employed. The research results showed that the PSO method was more optimal. It produced a differential current value on transformer 1 of 2.7694A and a setting current value of 3.0772A, whereas conventionalcalculations yielded a differential current value of 2.756A and a setting current value of 3.056A. For transformer 3, the values were 0.0192 A for differential current and 0.3171 A for setting current using PSO, while conventional calculations resulted in a differential current value of 0.006 A and a setting current value of 0.306 A.

Keywords: PSO, differential relay, transformer

EMAIL

asepsatya06@gmail.com

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC of The Department of Electrical Engineering's JREEC Legal Entity is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Licence.

ABSTRAK

Transformator merupakan alat listrik yang dapat mengubah dan memindahkan energi listrik dari satu atau lebih sirkuit ke sirkuit yang terhubung secara magnetis dan didasarkan pada prinsip induksi – elektromagnet tanpa mengubah frekuensi. Tujuan pemasangan relai proteksi pada trafo daya di Gardu Induk Sekarputih adalah untuk melindungi peralatan/sistem agar kerugian akibat gangguan dapat dihindari atau dikurangi seminimal mungkin. Salah satu perlindungan yang paling penting adalah proteksi diferensial. Oleh karena itu, untuk meningkatkan nilai setting relai diferensial menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa menggunakan metode *PSO* lebih optimal dengan nilai arus diferensial pada trafo 1 sebesar 2,7694A dan nilai arus setting sebesar 3,0772A, sedangkan perhitungan konvensional nilai arus diferensial sebesar 2,756A dan arus setting sebesar 3,056A. Pada trafo 3 sebesar 0,0192 A dan nilai arus setting sebesar 0,3171 A, sedangkan perhitungan konvensional nilai arus diferensial sebesar 0,006 A dan arus setting sebesar 0,306 A.

***Kata kunci**: PSO, Relai Diferensial, Transformator.*

PENDAHULUAN

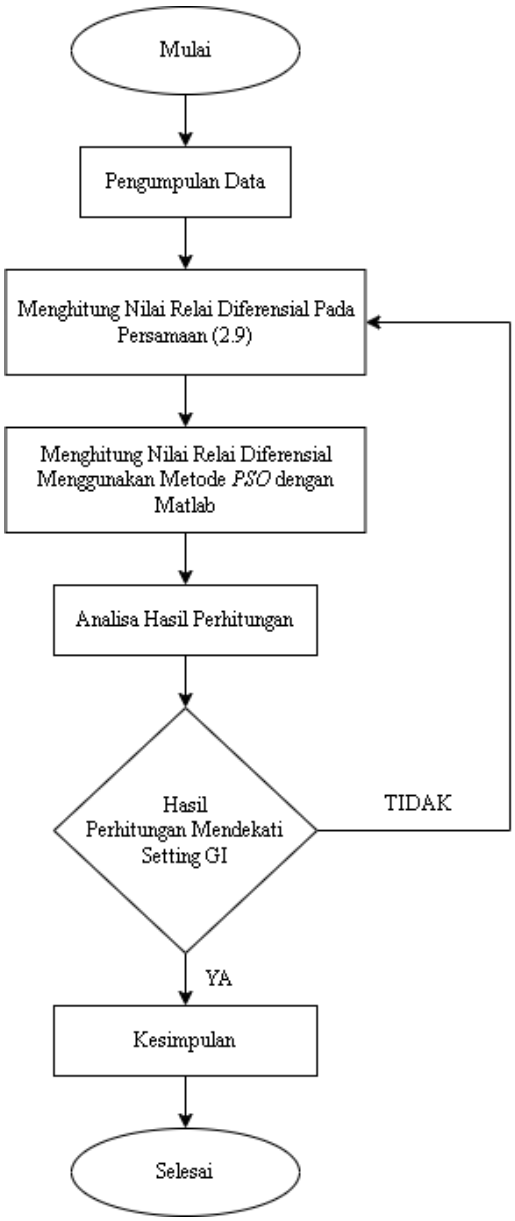
Transformator memainkan peran krusial dalam menyampaikan energi listrik dalam sistem kelistrikan. Dengan peran tersebut, energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit dapat diantarkan ke

konsumen melalui sistem kelistrikan. Pembangkitan, pengiriman daya ke transmisi, dan penyaluran (distribusi) merupakan elemen-elemen kunci dalam suatu sistem tenaga listrik [1]. Perlindungan peralatan listrik, seperti menjaga stabilitas penyaluran tenaga listrik dan mencegah kerusakan peralatan, menjadi fokus dengan pemasangan relai proteksi di trafo daya[2]. Tujuan utama relai proteksi ini adalah melindungi peralatan dan pengembangkit dengan mengurangi risiko kerugian seminimal mungkin[3].

Salah satu bentuk perlindungan yang digunakan adalah relai diferensial, yang berfungsi sebagai proteksi utama pada transformator dengan kinerja selektif dan respons cepat tanpa waktu jeda[4]. Relai diferensial memastikan transformator terlindungi dari gangguan hubung singkat di zona proteksinya, seperti hubung singkat antar belitan, antara belitan dengan tangka, gangguan fasa-fasa, dan gangguan fasa-tanah[5].

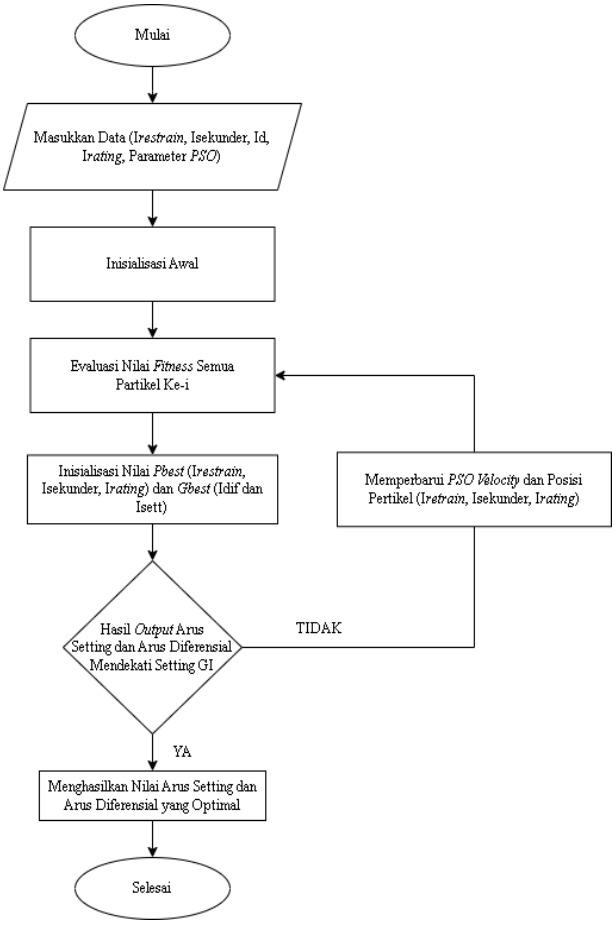
METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 *Flowchart* Penelitian

Flowchart PSO



Gambar 2 *Flowchart PSO*

Transformator

Transformator beroperasi berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik tanpa mengubah frekuensi dan memiliki kemampuan untuk mentransfer serta mengubah energi listrik dari satu atau lebih sirkuit ke sirkuit lain melalui kopling magnetik. Sebagai peralatan statis, transformator tidak memiliki bagian yang bergerak atau berputar. Struktur paling dasar dari transformator terdiri dari dua kumparan, yaitu kumparan primer dan sekunder, serta satu induktansi imbal balik [6][7].

Melalui pemanfaatan fluks magnet di dalam inti, kumparan primer dan sekunder secara magnetis terhubung. Salah satu dari dua kumparan transformator dihubungkan ke sumber daya listrik, sementara kumparan kedua dan ketiga, jika ada, berfungsi sebagai penyedia energi listrik untuk beban[8].

Relai Diferensial

Proteksi utama untuk transformator menggunakan relai diferensial, yang berfungsi dengan cepat saat terjadi gangguan. Relai diferensial memonitor perbedaan vektor antara dua atau lebih besaran listrik. Pemasangannya terbatas oleh transformator arus *input* dan *output* sesuai dengan hukum arus *Kirchoff* yang menyatakan bahwa arus yang masuk sama dengan arus yang keluar[1][2].

Prinsip kerja relai diferensial bergantung pada perbandingan arus pada sisi primer dan sekunder transformator arus (CT), serta arus yang masuk ke relai. Dua transformator arus (CT) membantu relai diferensial karena dalam kondisi normal, keduanya memiliki posisi yang proporsional sehingga arus pada keduanya sama besar.

Rumus Perhitungan

1. Perhitungan Ratio Transformator Arus *(Current Transformator)*

Pemilihan transformator arus yang berkualitas akan memberikan perlindungan yang baik pada sistem. Keefektifan relai diferensial sangat tergantung pada karakteristik transformator arus. Rasio transformator arus *(CT)* untuk relai diferensial yang dipilih sebaiknya mendekati nilai arus nominal sistem. Perhitungan arus nominal (1) dan arus *rating* dapat dijabarkan dalam persamaan (2)

$$In = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (1)$$

$$I_{rat} = 110\% \times I_n \quad (2)$$

Dimana :

S = representasi daya dalam Volt-Ampere (VA)

V = nilai tegangan dalam Volt (V)

I_{rat} = besaran arus rating, diukur dalam Ampere (A)

I_n = arus nominal dengan satuan Ampere (A)

2. Perhitungan *Error Mismatch*

Kesalahan ketidakcocokan *(error mismatch)* merujuk pada kesalahan dalam menentukan perbedaan arus dan tegangan antara sisi primer dan sekunder transformator, termasuk perubahan fasa di dalam transformator tersebut. Dalam ketentuan, *error* ini tidak boleh melebihi 5% dari rasio transformator arus (CT) yang dipilih. Perhitungan besarnya *error mismatch* ditunjukkan pada persamaan (3), rasio CT1 ditunjukkan pada persamaan (4), serta rasio CT2 yang ditunjukkan pada persamaan (5)

$$Error\ mismatch = \frac{rasio\ CT\ ideal}{rasio\ CT\ terpasang}\ \% \quad (3)$$

$$rasio\ CT1\ (ideal) = CT2 \times (\frac{V_s}{V_p}) \quad (4)$$

$$rasio\ CT2\ (ideal) = CT1 \times (\frac{V_p}{V_s}) \quad (5)$$

Dimana :

CT1 = rasio transformator arus (CT) pada sisi primer.

CT2 = transformator arus (CT) pada sisi sekunder.

V_p = tegangan pada sisi primer (V)

V_s = tegangan pada sisi sekunder (V)

3. Perhitungan arus sekunder CT *(Current Transformator)*

Transformator arus membaca arus sekunder CT. Persamaan yang digunakan untuk menghitung arus sekunder CT dapat ditemukan dalam persamaan (6), sementara arus sekunder CT yang masuk pada relai dapat dijabarkan dalam persamaan (7)

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasio\ CT} \times I_n \quad (6)$$

$$I_{relai} = \frac{I_{rat}}{rasio\ CT\ Primer} \times rasio\ CT\ sekunder \quad (7)$$

Dimana :

Rasio CT = Rasio yang dipilih untuk CT

I_n = Arus nominal (A)

$I_{sekunder}$ = Arus sekunder CT (A)

I_{relai} = Arus sekunder yang masuk pada relai

4. Perhitungan Relai Diferensial

Besar nilai arus diferensial (Id) dapat dihitung menggunakan persamaan (9), arus *restrain* (Ir) dengan persamaan (10), slope dengan persamaan (11), dan arus setting pada relai diferensial (Isetting) dengan persamaan (12). Persamaan tersebut dapat membantu menentukan parameter-parameter yang diperlukan untuk pengoperasian relai diferensial pada transformator.

$$I = I_{\text{relai}} \times I_{\text{sekunder}} \quad (8)$$

$$I_d = I_2 - I_1 \quad (9)$$

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (10)$$

$$Slope = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \quad (11)$$

$$I_{setting} = \%Slope \times I_r \quad (12)$$

Dimana :

I_{relai} = Arus sekunder yang masuk pada relai (A)

$I_{sekunder}$ = Arus sekunder CT (A)

Id = Arus diferensial (A)

Ir = Arus restrain (penahan) (A)

Isetting = Arus setting pada relai diferensial (A)

Slope = Batas ambang kemampuan kumparan penahan

5. Gangguan Hubung Singkat

Untuk perhitungan gangguan hubung singkat, pertimbangan utama mencakup nilai arus hubung singkat dan pengaturan (setting) relai diferensial. Jika nilai arus hubung singkat melebihi pengaturan relai diferensial, relai tersebut diharapkan akan berfungsi untuk memutus sirkuit dan melindungi peralatan. Dapat digunakan persamaan (13) - (15) untuk menghitung gangguan hubung singkat.

$$I_{f\ relai} = I_f \times Rasio\ CT \quad (13)$$

$$i_{fault} = \frac{I_{f\ relai}}{i} \quad (14)$$

$$I_d = i_2 - i_{1\ fault} \quad (15)$$

Dimana:

I_f relai = Arus gangguan yang dibaca relai (A)

I_f = Arus gangguan (A)

I_1 fault = Arus sekunder CT1 saat terjadi gangguan (A)

Data Trafo

Tabel 1 Spesifikasi Trafo 1

Spesifikasi Trafo 1	
Merk	FUJI
No. Seri	AQ69002T2
Daya	35 MVA
Tegangan Primer	150 Kv
Tegangan Sekunder	70 Kv
Arus Nominal Primer	144,34 A
Arus Nominal Sekunder	288,68 A
Vektor Grup	YNyn0d
Impedansi	9,74%

Tabel 2 Spesifikasi Trafo 3

Spesifikasi Trafo 3	
Merk	MEIDEN
No. Seri	8Q8444T1
Daya	50 MVA
Tegangan Primer	150 Kv
Tegangan Sekunder	70 Kv
Arus Nominal Primer	206,20 A
Arus Nominal Sekunder	412,39 A
Vektor Grup	YNyn0d
Impedansi	9,97%

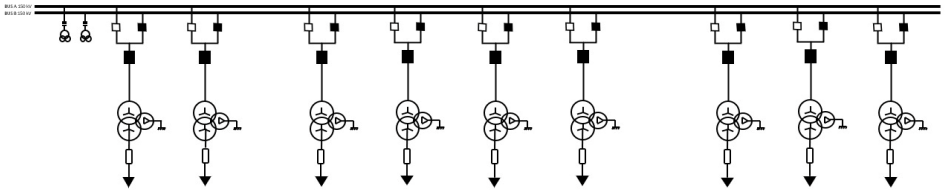
Data Relai Diferensial

Tabel 3 Spesifikasi Relai Diferensial Trafo 1 dan Trafo 3

Merk	Type	CT Prim (A)			CT Sec (A)		
		Prim	Sec	Ratio	Prim	Sec	Ratio
ALSTOM	MiCOM P643	200	5	40	400	5	80

***Single Line* Diagram**

Single Line Diagram dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini



Gambar 3 *Single Line* Diagram

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gangguan Hubung Singkat

Data perhitungan arus diferensial saat terjadi gangguan pada Trafo 1 dan Trafo 3 dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4 Hasil Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Trafo	140 kV			70 kV		
	If relai	I fault	Id	If relai	I fault	Id
1	453,925 A	125,81 A	122,202 A	8,088 A	2,241 A	1,367 A
3	93,8 A	18,196 A	13,041 A	8,088 A	1,569 A	2,914 A

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat hasil dari perhitungan gangguan hubung singkat. Arus gangguan yang dibaca oleh relai pada sisi tegangan 140 Kv Trafo 1 sebesar 453,925 A, sedangkan pada Trafo 3 sebesar 93,8 A. Untuk arus gangguan pada Trafo 1 sebesar 125,81 A, pada Trafo 3 sebesar 18,196 A. Kemudian nilai arus diferensial pada Trafo 1 sebesar 122,202 A, pada Trafo 3 sebesar 13,041 A. Arus gangguan yang dibaca oleh relai pada sisi tegangan70 Kv Trafo 1 sebesar 8,088 A, sedangkan pada Trafo 3 sebesar 8,088 A. Untuk arus gangguan pada Trafo 1 sebesar 2,241 A, pada Trafo 3 sebesar 1,569 A. Kemudian nilai arus diferensial pada Trafo 1 sebesar 1,367 A, pada Trafo 3 sebesar 2,914 A. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa nilai arus diferensial pada terjadi gangguan hubung singkat nilainya lebih besar dari arus setting, maka relai diferensial tersebut akan trip.

Analisa Arus Setting dan Arus Diferensial

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui nilai dari arus setting dan arus diferensial dengan menggunakan metode PSO pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 5 Hasil Arus Setting dan Arus Diferensial

Trafo	Setting GI Sekarputih		Perhitungan Konvensional		Algoritma *PSO*	
	I setting	I diferensial	I setting	I diferensial	I setting	I diferensial
1	3,08 A	2,78 A	3,056 A	2,756 A	3,0772 A	2,7694 A
3	0,32 A	0,02 A	0,306 A	0,006 A	0,3171 A	0,0192 A

Output Trafo 1 dan Trafo 3 memiliki arus setting sebesar 3,056 A dan arus diferensial sebesar 2,756 A, menurut hasil perhitungan konvensional, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 5. Sedangkan pada perhitungan konvensional Trafo 3 memiliki arus setting sebesar 0,306 A dan arus diferensial sebesar 0,006 A. Kemudian pada metode PSO untuk Trafo 1 memiliki arus setting sebesar 3,0772 A, sedangkan untuk nilai arus diferensial sebesar 2,7694 A. Pada Trafo 3 memiliki arus setting sebesar 0,3171 A, sedangkan untuk nilai arus diferensial sebesar 0,0192 A. Untuk data setting GI Sekarputih pada Trafo 1 memiliki arus setting sebesar 3,08 A, sedangkan untuk nilai arus diferensial sebesar 2,78 A. Pada Trafo 3 memiliki arus setting sebesar 0,32 A, sedangkan untuk nilai arus diferensial sebesar 0,02 A. Dapat disimpulkan bahwa perhitungan menggunakan metode *PSO* lebih efektif daripada perhitungan konvensional.

KESIMPULAN

Pada hasil perhitungan konvensional menghasilkan arus diferensial pada trafo 1 sebesar 2,756 A serta nilai arus setting sebesar 3,056 A, sedangkan nilai arus diferensial pada trafo 3 sebesar 0,006 A dan nilai arus setting sebesar 0,306 A. Kemudian hasil dari algoritma *PSO* dengan parameter yang telah dijelaskan sebelumnya menghasilkan nilai arus diferensial pada trafo 1 sebesar 2,7694 A dan arus setting sebesar 3,0772 A. Pada trafo 3 menghasilkan nilai arus diferensial sebesar 0,0192 serta nilai arus setting sebesar 0,3171 A. Dimana nilai yang diharapkan untuk nilai arus setting dan arus diferensial pada trafo 1 sebesar 3,08A dan 2,78A. Sedangkan nilai yang diharapkan pada trafo 3 untuk arus setting sebesar 0,32A dan arus diferensial sebesar 0,02A. Jadi nilai arus diferensial maupun arus setting menggunakan algoritma *PSO* memiliki selisih yang lebih sedikit daripada menggunakan perhitungan konvensional dengan nilai yang diharapkan yaitu pada trafo 1 sebesar 0.0028A untuk arus setting dan 0,0106A untuk arus diferensial, sedangkan pada trafo 3 sebesar 0.0029A untuk arus setting dan 0,0008A untuk arus diferensial.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Keumala, A. Bintoro, S. Salahuddin, And H. M. Yusdartono, "Analisis Penggunaan Rele Diferensial Sebagai Proteksi Transformator 66 Mva Di Pltmg Sumbagut 2 Peaker Power Plant 250 Mw," *J. Energi Elektr.*, Vol. 10, No. 1, Pp. 9–13, May 2021, Doi: 10.29103/Jee.V10i1.4221.

[2] E. S. Nasution, F. I. Pasaribu, Yusniati, And M. Arfianda, "Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya Pada Gardu Induk," 2019.

[3] A. Sattari, H. Widodo, P. Teknik Elektro, F. Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung Jl Hza Pagar Alam No, And B. Lampung, "Analisis Setting Arus Relai Differensial Pada Trafo Ii 30 Mva Pt. Pln (Persero) Gardu Induk Sutami," *J. Ilm. Tek. Elektro*, Vol. 3, No. 1, Pp. 5–10, Oct. 2021, Doi: 10.36269/Jtr.V3i1.587.

[4] D. Eko Rofianto, E. Arfah Zuliari, And T. Wati, "Analisa Perencanaan Pemasangan Differential Relay Pada Pt.Bramindo Niaga Pratama," *Semin. Nas. Sains Dan Teknol. Terap. Vii - Inst. Teknol. Adhi Tama Surabaya*, Pp. 723–728, 2019.

[5] M. A. Firnanda, I. Effendi, And D. U. Y.W., "Perencanaan Setting Relay Differential Sebagai Proteksi Utama Transformator 500 Mva Gitet 500/275 Kv Muara Enim Pt. Pln (Persero) Uip Sumbagsel," *J. Desiminasi Teknol.*, Vol. 9, No. 2, 2021, Doi: 10.52333/Destek.V9i2.782.

[6] J. Siburuan, "Karakteristik Transformator," 2019.

[7] D. Hariyono, "Analisa Proteksi Relay Differensial Terhadap Gangguan Eksternal Transformator," 2019.

[8] Suganda And A. Muis, "Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya," 2021.