

PENGUJIAN RELAI PROTEKSI ARUS LEBIH SIPROTEC PADA PRIMER TRAFO GARDU INDUK JUISHIN

Syafruddin¹, Anung², Bayu Sudrajat³

Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala

ABSTRAK

Gardu Induk Juishin merupakan gardu induk utama yang menyuplai wilayah Kabupaten Karawang dan Kabupaten Bekasi seperti pusat pemerintahan, perkantoran maupun bisnis dan usaha. Dilihat dari beberapa konsumen prioritas diatas maka diperlukan sistem kelistrikan dan peralatan yang andal, salah satunya relai proteksi. Terjadinya kesalahan kerja (malfunction) pada relai proteksi beberapa waktu yang lalu menjadi alasan utama untuk melakukan pengujian relai. Pengujian Relai arus lebih Over Current Relay (OCR) maupun Ground Fault Relay (GFR) meliputi beberapa parameter diantaranya arus setting, pick-up, drop-off, ratio, karakteristik dan waktu kerja sesaat. Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu diperoleh dari data pengujian dan hasil perhitungan berdasarkan data spesifikasi peralatan. Selain itu dilakukan evaluasi pada parameter hasil uji. Kemudian hasil evaluasi perhitungan dibandingkan dengan data eksisting lapangan dan standar dari KEPDIR 0520-2. K /DIR/2014 PT. PLN (Persero). Pengujian relai arus lebih pada bay transformator-1 Gardu Induk Juishin memiliki tingkat performa yang baik berdasarkan hasil uji. Karakteristik pada relai adalah Standar Inverse (SI) dengan waktu tunda yang telah disetting OCR sebesar 0,35s dan, sedangkan pada GFR sebesar 0,67s, dengan prinsip kerja arus berbanding terbalik dengan waktu, semakin besar arus maka semakin cepat waktu relai bekerja.

Kata kunci: Gardu, karakteristik, pengujian, relai, arus.

ABSTRACT

The Juishin Substation is the main substation that supplies Karawang and Bekasi Regencies such as government centers, offices and businesses. Judging from the several priority consumers above, a reliable electrical system and equipment is needed, one of which is a protective relay. The occurrence of a malfunction (malfunction) in the protection relay some time ago was the main reason for conducting relay testing. -off, ratio, characteristics and instantaneous working time. The analytical method used in this study is obtained from test data and calculation results based on equipment specification data. In addition, an evaluation of the parameters of the test results was carried out. Then the results of the calculation evaluation are compared with the existing field data and standards from KEPDIR 0520-2.K/DIR/2014 PT. PLN (Persero). Testing of the overcurrent relay at the transformer bay-1 of the Juishin Substation has a good level of performance based on the test results. The characteristics of the relay are Standard Inverse (SI) with a delay time that has been set for OCR of 0.35s and , while at GFR of 0.67s, with the working principle of current being inversely proportional to time, the greater the current, the more fast relay working time.

Keywords: Substation, characteristic, test, relay, current.

1. PENDAHULUAN

Pengujian relai proteksi arus lebih pada sisi primer trafo dilakukan agar memenuhi keandalan untuk melindungi peralatan sekaligus memisahkan dari bagian yang tidak terkena gangguan. Penyebab gangguan terdiri dari beberapa faktor, diantaranya dari gangguan internal maupun eksternal. Gangguan internal pada trafo itu salah satu diantaranya dari ketidakseimbangan tekanan didalam trafo, atau terjadinya hubung singkat antar belitan. Sedangkan gangguan eksternal salah satu gangguannya adalah adanya arus lebih antar fasa atau gangguan dari fasa ke tanah.

Pengujian relai dilaksanakan sesuai KEPDIR 0520-2. K /DIR/2014 PT. PLN (Persero) sebagai acuan untuk menguji performa atau keandalan relai itu sendiri dengan tidak mengabaikan nilai setting sesuai dengan spesifikasi peralatan pada setiap gardu induk.

1.2 TINJAUAN PUSTAKA Gardu Induk

Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi untuk menunjang kinerja dari transmisi tegangan dengan uraian sebagai berikut:

- Mengubah tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau tegangan menengah.
- Pengukuran, pengawasan, operasi serta pengaturan pengamanan sistem tenaga listrik.

Relai Proteksi

Relai proteksi merupakan komponen yang berperan dalam sistem pengamanan jaringan distribusi.

Adapun relai harus mampu bekerja selektif, yaitu dapat membedakan secara cermat dalam mengatasi gangguan agar kerja koordinasi antar relai proteksi di sistem dapat bekerja dengan baik.

Komponen Relai Proteksi

- *Human Machine Interface* (HMI).
- *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA).
- *Bay Control Unit* (BCU).
- *Circuit Breaker* (Pemutus tenaga) atau PMT.
- Pengaman Cadangan.
- Trafo arus (*Current Transformer*).
- *Potential Transformer* (PT).
- Catu Daya Baterai (*power supply*).

Tujuan Sistem Proteksi

Proteksi pada trafo berfungsi untuk mengamankan trafo dari gangguan internal maupun eksternal trafo. Selain itu juga digunakan untuk melakukan selektifitas sistem, artinya memisahkan bagian yang terkena gangguan saja dengan tetap mengamankan bagian yang normal. Sehingga titik gangguan tidak meluas dan mudah untuk melakukan analisis.

Tujuan pemasangan relai proteksi pada trafo adalah untuk mengamankan peralatan sistem sehingga dapat meminimalisir kerugian akibat gangguan.

Prinsip dasar Koordinasi Relai

Koordinasi relai proteksi adalah sistem proteksi pada sebuah sistem tenaga listrik yang memanfaatkan prinsip kerja *relai Over Current Relay*

(OCR) yang bekerja berdasarkan besaran arus dengan satuan waktu yang diatur. Sehingga relai akan bekerja secepat mungkin ketika terjadi gangguan dengan batas waktu *setting* yang telah ditentukan. Untuk mengkoordinasikan antara relai satu dengan relai yang lain dapat dilakukan dengan mengatur jarak waktu kerja antara relai satu dengan relai yang lain sehingga *relai* akan bekerja secara terkoordinasi. Koordinasi yang dimaksud adalah *relai* satu dengan relai yang lain terhubung dalam satu jaringan distribusi namun memiliki *setting* yang berbeda untuk menanggulangi gangguan yang terjadi.

Pengujian Relai

Pengujian Relai Arus Lebih (OCR dan GFR) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja relai. Sehingga dapat diketahui kondisi relai masih layak digunakan atau tidak dalam sistem proteksi Trafo 150/20 kV.

Pengujian Individu

- Arus setting.

Setting waktu pada relai dilakukan dengan memperhatikan beberapa aspek seperti selektivitas dan kecepatan relai.

Setting OCR

$$I_{set} = \frac{1,2 \times I_n}{ratio CT}$$

Setting GFR

$$I_{set} = \frac{0,2 \times I_n}{ratio CT}$$

- Arus kerja minimum (*pick up*).
dan arus kerja kembali (*drop off*).

Arus *pick up* adalah setelan arus minimum yang menyebabkan relai bekerja. Arus *drop off* adalah arus maksimum yang menyebabkan relai reset/tidak bekerja setelah mengalami *pick-up*.

- Rasio.

Rasio atau perbandingan antara nilai arus *drop off* dan *pick up* yang akan menjadi pertimbangan dalam setting relai.

$$Ratio = \frac{Nilai drop off}{Nilai pick up} \times 100\%$$

- Karakteristik waktu.

Karakteristik waktu kerja relai merupakan parameter pemilihan kurva waktu kerja berdasarkan karakteristiknya.

$$t = TMS \times \frac{0,14}{I_r^{0,02} - 1}$$

Standart Pengujian

Pengujian relai proteksi harus mengacu pada standar yang berlaku pada peralatan sesuai dengan pabrikan. Hasil uji dikatakan baik apabila masih dalam batas standar yang ditetapkan.

Pedoman standar hasil uji yang digunakan adalah KEPDIR 0520-2. K/DIR/2014 PT. PLN (Persero).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berisi tentang pengujian pada relai SIPROTEC menggunakan metode arus lebih dan menguji arus *pick-up* dan arus *drop-off* untuk mengetahui standar relai SIPROTEC ini bekerja. Dalam pengujian relai ini terdapat beberapa

metode untuk memenuhi kebutuhan pengujian.

Pertama adalah pengujian arus *pick-up* dan *drop-off* yang dimulai dengan membaca arus *setting* relai, kemudian diinjeksi arus melebihi nilai settingnya. Apabila muncul indikasi *trip* dan alarm maka dapat dilakukan pembacaan nilai *pick-up*. Selanjutnya pengujian *drop-off* dilakukan dengan menurunkan injeksi arus dibawah nilai *setting*. Ketika indikasi trip dan alarm hilang maka dapat dilakukan pembacaan arus *drop off*.

Kedua adalah pengujian karakteristik waktu kerja relai dengan melakukan injeksi arus sebanyak 4 kali yaitu 1,5x, 2x, 3x dan 4x arus setting. Ketika muncul indikasi trip dan alarm maka dapat dilakukan pembacaan waktu karakteristik kerja.

Yang terakhir adalah pengujian waktu kerja instant atau disebut dengan moment. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan injeksi arus hubung singkat maksimum hingga muncul indikasi trip dan alarm. Setelah itu dapat dilakukan pembacaan waktu kerja sesaat. Pengujian selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Relai Proteksi OCR/GFR Proteksi 150kV Gardu Induk Juishin

Data Relai OCR/GFR PROTEKSI 150kV

Jenis Proteksi	DIFFERENTIAL
Merk	SIEMENS
Tipe	SIPROTEC 7UT63
Ratio CT	300 / 1 A
Karakter	INSTANT
I Nominal	1 A
I DIF >	0,3 In
I DIF >>	8 In

Setting Arus OCR	276 A
Setting Waktu OCR	0,35 NI
Setting Arus GFR	115,5 A
Setting Waktu GFR	0,62 NI
Setting Arus OCR M	1800 A
Setting Waktu OCR M	0 sec
Setting Arus GFR M	BLOCK
Setting Waktu GFR M	-

Data Hasil Penelitian

• Arus Setting

Merupakan nilai arus minimum yang diatur pada relai untuk merasakan terjadinya gangguan.

Setting OCR

$$I_{set} = \frac{1,2 \times I_n}{ratio CT}$$

$$I_{set} = \frac{1,2 \times 276 A}{\frac{300}{1}} = 1,104 A$$

Setting GFR

$$I_{set} = \frac{0,2 \times I_n}{ratio CT}$$

$$0,2 \times 117 A$$

$$1$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Arus Setting

	Sisi 150kV	
	OCR	GFR
Arus Setting	1,104	0,079
Pengujian (A)		

Arus Setting hasil perhitungan (A)	1,104	0,078
---------------------------------------	-------	-------

• Hasil Pengujian Arus Kerja Minimum dan Kembali

Pengujian arus kerja minimum (*pick-up*) bertujuan untuk mengetahui pada nilai berapa relai mulai merasakan arus gangguan. Pengujian ini didapatkan langsung saat di lapangan untuk mengetahui nilai saat relai bekerja. Pada (Tabel 1) didapatkan nilai hasil pengujian arus *pick-up* OCR 1,104A serta GFR 0,079A pada sisi 150 kV. Sehingga ketika relai mencapai arus tersebut maka akan bekerja mendeteksi adanya arus gangguan dan memerintahkan PMT untuk membuka.

Pengujian arus kembali (*drop-off*) dilakukan untuk mengetahui pada nilai berapa relai akan berhenti bekerja setelah tidak membaca adanya arus gangguan. Pada (Tabel 1) didapatkan nilai hasil pengujian arus *drop-off* OCR 1,104A serta GFR 0,078A pada sisi 150kV. Artinya pada saat mencapai nilai tersebut relai tidak lagi mendeteksi adanya arus gangguan sehingga kembali dalam keadaan normal.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Arus Arus Kerja
Pick-up dan Drop-off

	R	S	T	GFR
Arus Nominal (A)	1	1	1	1
Arus Setting (A)	1,104	1,104	1,104	0,078
Arus <i>Pick-up</i> (A)	1,168	1,168	1,168	0,103
Arus <i>Drop-off</i> (A)	1,132	1,132	1,132	0,101
Ratio (%)	96,91	96,91	96,91	98,05

• RATIO

Ratio merupakan perbandingan antara nilai arus drop-off dibagi dengan arus pick up. Untuk besaran ratio yang diijinkan untuk relai adalah $\pm 5\%$ (Sesuai KEPDIR 0520-2.K/DIR/2014 PT. PLN (Persero)). Pada (Tabel 2) didapatkan ratio OCR sebesar 96, 91% pada sisi 150kV. Sedangkan untuk GFR akurasi 98, 05%.

• Hasil Pengujian Karakteristik Waktu

Pengujian karakteristik waktu dilakukan untuk mengetahui waktu tunda relai yang diatur menggunakan waktu tunda sebenarnya. dengan 4 kali injeksi arus yaitu 1,5x, 2x, 3x dan 4x arus setting. Injeksi ini dilakukan untuk mendapatkan waktu kerja relai. Pengujian karakteristik waktu bisa di hitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$t = TMS \times \frac{0,14}{I_r^{0,02} - 1}$$

Terdapat perbedaan waktu pada setting relai OCR dan GFR. Untuk OCR di setting dengan waktu 0,35 detik dan untuk GFR di setting dengan waktu 0,67 detik.

OCR sisi 150kV

$$t(1,5xIs) = 0,35 \times \frac{0,14}{1,656^{0,02} - 1} = 6,016 \text{ detik}$$

$$t(2xIs) = 0,35 \times \frac{0,14}{2,208^{0,02} - 1} = 3,510 \text{ detik}$$

$$t(3xIs) = 0,35 \times \frac{0,14}{3,312^{0,02} - 1} = 2,203 \text{ detik}$$

$$t(4xIs) = 0,35 \times \frac{0,14}{4,416^{0,02} - 1} = 1,740 \text{ detik}$$

GFR

$$t(1,5xIs) = 0,67 \times \frac{0,14}{0,117^{0,02} - 1} = 11,52 \text{ detik}$$

$$t(2xIs) = 0,67 \times \frac{0,14}{0,156^{0,02} - 1} = 6,724 \text{ detik}$$

$$t(3xIs) = 0,67 \times \frac{0,14}{0,234^{0,02} - 1} = 4,233 \text{ detik}$$

$$t(4xIs) = 0,67 \times \frac{0,14}{0,312^{0,02} - 1} = 3,336 \text{ detik}$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Karakteristik Waktu Menggunakan Rumus

Injeksi		1,5xIs	2xIs	3xIs	4xIs
Sisi	OCR	6,016	3,510	2,203	1,740
150kV	GFR	11,52	6,724	4,223	3,336

Hasil pengujian karakteristik waktu dapat dilihat pada (Tabel 4). Pada relai OCR sisi 150kV, relai diberi arus injeksi sebesar 1,5x arus setting atau 1,656A dengan waktu tunda yang telah diatur 0,35 detik, waktu kerja relai adalah 6,016 detik. Pada 2x setting dengan waktu tunda sama didapatkan waktu kerja sebesar 3,510 detik. Untuk 3x dan 4x setting berturut-urur hasilnya adalah 2,203 dan 1,740 detik.

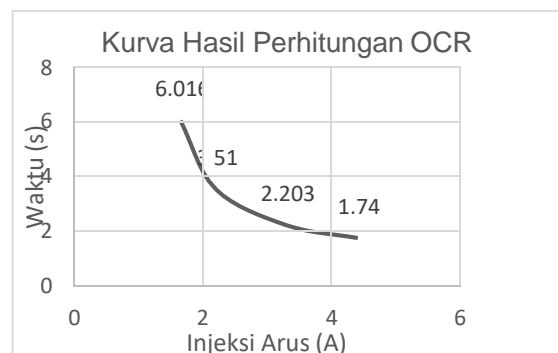
Pada pengujian GFR sisi 150kV, relai diberi waktu tunda sebesar 0,67 detik dengan injeksi arus 1,5x arus setting atau 0,117 A dan didapatkan waktu kerja 11,52 detik. Untuk 2x arus setting mendapatkan waktu 6,724 detik. Sedangkan untuk 3x dan 4x didapatkan hasil waktu sebesar 4,223 dan 3,336 detik.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Karakteristik

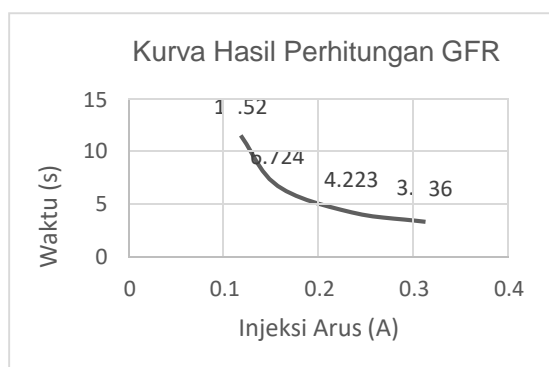
Injeksi	1,5xIs	2xIs	3xIs	4xIs	Tms	Karakteristik relai
Fasa R (A)	1,656	2,208	3,312	4,416		
Waktu kerja (s)	6,016	3,510	2,203	1,740	0,35	
Fasa S (A)	1,657	2,210	3,315	4,421		
Waktu kerja (s)	6,015	3,509	2,205	1,740	0,35	
Fasa T (A)	1,649	2,205	3,309	4,415		
Waktu kerja (s)	6,019	3,515	2,208	1,745	0,35	
GFR (A)	0,117	0,156	0,234	0,312		
Waktu kerja (s)	11,52	6,724	4,223	3,336	0,67	

Standar Invers (SI)

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan menggunakan rumus untuk membandingkan karakteristik antara hasil uji dengan perhitungan. Dapat dilihat pada tabel 4.8 hasil perhitungan, dimana dengan arus injeksi yang sama yaitu 1,5x didapatkan waktu kerja sebesar 6,016 detik untuk perhitungan dan 6,175 detik untuk hasil pengujian. Begitu pula untuk 2x, 3x dan 4x injeksi didapatkan nilai dengan selisih yang cukup kecil sehingga relai termasuk dalam keadaan baik. Semakin besar arus gangguan maka waktu kerja relai semakin cepat.



Gambar 1. Kurva Hasil Perhitungan OCR



Gambar 2. Kurva Hasil Perhitungan GFR

4. SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu

1. Relai OCR dan GFR type SIPROTEC pada bay Trafo-1 Gardu Induk Juishin memiliki tingkat performa yang baik berdasarkan rasio hasil uji yang memiliki tingkat akurasi atau rasio OCR sebesar 96,91%, sedangkan untuk GFR 98,05%.
2. Nilai *setting* untuk OCR adalah 1,104 A dengan arus *pick-up* pada 1,168 A dan *drop-off* sebesar 1,132 A. Sedangkan nilai *setting* GFR adalah 0,078 A dengan arus *pick-up* pada 0,103A dan *drop-off* sebesar 1,01 A.
3. Karakteristik pada relai adalah *Standar Inverse* (SI) dengan *setting* waktu tunda yang telah diatur pada relai OCR adalah 0,35 detik, sedangkan pada relai GFR waktu tunda sebesar 0,67 detik, dengan prinsip kerja arus berbanding terbalik dengan waktu, semakin besar arus maka semakin cepat waktu relai bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prof. Dr-Ing. K. T. Sirait, Ir. Bonggas L. Tobing *Pengantar Proteksi Sistem Tenaga Elektrik*. 2013.
- [2] I Nengah Sunaya, I Gede Suputra Widharma, "Analisis Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Terhadap Keandalan Sistem," *VASTUWIDYA Vol. 3, No. 1*, 2020.
- [3] Bonar Pandjaitan. *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. 2012.
- [4] PLN Pusdiklat. *Sistem Proteksi Gardu Induk*. 2011.
- [5] PLN. *KEPDIR 0520-2.K/DIR/2014 PT. PLN (Persero): Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi Dan Kontrol Transformator*. 2014.
- [6] Fauzia Haz, Ichsan Aditya M. N, "Analisis Setting Proteksi Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Trafo Daya 60 MVA di Gardu Induk 150 kV Cibatuh," *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology Vol. 18. No. 2*, 2020, pp. 66-73)
- [7] Badaruddin, Budi Wirawan, "Setting Koordinasi Over Current Relay pada Trafo 60 MVA 150/20 kV dan Penyulang 20 kV," *SINERGI Vol. 18, No. 3*, 2014.
- [8] Aas Putra Larekeng, Muhammad Iqbal, "Analisis Kinerja Over Current Relay (OCR) & Ground Fault Relay (GFR) Pada Sistem 20 kV ULTG Maros Menggunakan Alat Uji CMC 356," 2020.