

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyanto. *Studi Evaluasi Setting Sistem Relai Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya (GT) 786 MVA di PLTU Tanjung Jati Unit 1 dan 2*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Csanyi,E. (2020, February 10). The Art of Transformer Maintenance, Inspection and Repair (Recommended Practices). <https://electrical-engineering-portal.com/transformer-maintenance-inspection-repair>
- Fernandez, Yos Dominikus Bobby. 2020. *Analisa Proteksi Pada Transformator Daya Unit #1 PLTU Lontar Menggunakan ETAP*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknik-PLN Jakarta
- Fitriani, Nor Ria. 2017. *Analisis Penggunaan Rele Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya 16 MVA di Gardu Induk Jajar*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Hendratmoko, Andreas. 2021. *Analisis Kinerja Proteksi Relai Diferensial Pada Transformator Daya di Gardu Induk 150 kV Blora Menggunakan Software ETAP 12.6.0*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Kadir, Abdul. 2011. *Transmisi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Monita, Erma. 2020. *Analisa Kinerja Relai Diferensial Pada Transformator Daya 30 MVA#2 di GI Bukit Siguntang Palembang Dengan Menggunakan Software ETAP 12.6.0*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya
- Muharram, Muhammad Rizki. 2018. *Analisis Performa Relay Diferensial Transformator Pada Gardu Induk Cilegon Lama*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Nasution. Elvy Sahnur, Pasaribu. Faisal Irsan, Yusniati, dan Arfianda, Muhammad. 2019. *Rela Diferensial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya Pada Gardu Induk*. Vol 02. Hal 180

- Primawati, Eka. 2019. *Analisa Pengaturan Proteksi Rele Diferensial Pada Trafo III 60 MVA di Gardu Induk Banyudono 150KV/22KV*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Siringoringo, Guntur Prip Kristo. 2021. *Analisis Performa Relay Diferensial Pada Transformator 1 GIS NEW Senayan*. Jakarta: Institut Teknologi PLN
- Sukisno, Toto. 2020. "Pengantar Proteksi Sistem Tenaga Listrik Berbasis Software ETAP". https://www.researchgate.net/publication/342548685_Pengantar_Proteksi_Sistem_Tenaga_Listrik_Berbasis_Software_ETAP. Di akses pada 15 November 2021 pukul 01.30.
- Suripto, Slamet. 2014. *Buku Ajar Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Tanyadji, Sonny dan Sarma Thaha. 2015. *Sistem Proteksi Tenaga Listrik*, Makassar: Innawa
- Webstudi.site. (2019, September). PLTA-Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air di Indonesia. <https://www.webstudi.site/2019/09/PLTA.html>
- Yudha, Hendra Marta. 2008. *Rele Proteksi: Prinsip dan Aplikasi*. Palembang: Universitas Sriwijaya

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Relai Diferensial pada *Main* Transformator

1/22.2512.002/2022

LL-1

1. HASIL PENGUJIAN RELAI DIFFERENTIAL (87T-MTRZ)

ASI : PLTA BAKARU UNIT 2

PANEL : Main Transformor No.2 Protective Relay

1.1 Data Spesifikasi

Merek : GE Multilin Arus Nominal (In) : 1/5 A
 Tipe : T60 Batas Setelan Idiff : 0,1 -1,0 PU
 No. Seri : ABHC16001052

1.2 Pemeriksaan Sifat Tampak (Visual)

	Baik	Tidak baik	Catatan
Fisik relai	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Terminal kabel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tombol perintah	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indikator	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pentanahan rumah relai	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Short link arus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

1.3 Pemeriksaan Catu Daya Busbar DC/AC

	Baik	Tidak baik	Catatan
Besar tegangan catu daya	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	111,8 Vdc
Polaritas tegangan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+ 68,50 & -43,78 Vdc

1.4 Pengujian Karakteristik Arus Kerja Mula

Setelan Arus Id (0,3 x PU) ; PU sisi HV (4,500 A) ; PU sisi LV (5 A) ; Referensi sisi LV

Fasa	Arus Kerja (A)	Arus referensi (A)	Kesalahan		Kriteria*)	Hasil
			(PU)	(%)		
Sisi HV	R 2.390	2.382	0.001	0,33	≤ 1 %	Memenuhi
	S 2.390	2.382	0.001	0,32	≤ 1 %	Memenuhi
	T 2.390	2.382	0.001	0,32	≤ 1 %	Memenuhi
	RST 1.380	1.375	0.001	0,33	≤ 1 %	Memenuhi
Sisi LV	R 1.510	1.500	0.002	0,67	≤ 1 %	Memenuhi
	S 1.510	1.500	0.002	0,67	≤ 1 %	Memenuhi
	T 1.510	1.500	0.002	0,67	≤ 1 %	Memenuhi
	RST 1.510	1.500	0.002	0,67	≤ 1 %	Memenuhi

Keterangan : *) Kriteria berdasarkan manufaktur klaim pada "T60 Transformer Protection System, UR Series Instruction Manual"

1.5 Pengujian Karakteristik Arus Diferensial Setelan Id = 0,3 PU , Slope 1 = 25% , Slope 2 = 25%

Fasa	Ir1 (A)	Ir2 (A)	Id (PU)	Ires (PU)	Slope	Slope referensi	Kesalahan	Kriteria	Hasil
RST	2,78	1,510	0,305	0,605	-	-	-	-	-
RST	1,38	3,01	0,3	0,6					

Diuji tanggal	Diuji oleh	Disaksikan oleh	Diperiksa oleh
19 - 25 Januari 2022		Kenno Robby Pradana	



1/22.2512.002/2022

LI-2

Ujian Karakteristik Waktu Diferensial

Jenis Uji	Arus Uji	Waktu kerja (ms)	Waktu referensi (ms)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
R	2 x Is	26.10	0.00	26.10	-	≤ 35 ms	Memenuhi
	3 x Is	26.00	0.00	26.00	-	≤ 35 ms	Memenuhi
	4 x Is	28.70	0.00	28.70	-	≤ 35 ms	Memenuhi
S	2 x Is	32.30	0.00	32.30	-	≤ 35 ms	Memenuhi
	3 x Is	29.30	0.00	29.30	-	≤ 35 ms	Memenuhi
	4 x Is	31.90	0.00	31.90	-	≤ 35 ms	Memenuhi
T	2 x Is	30.40	0.00	30.40	-	≤ 35 ms	Memenuhi
	3 x Is	33.80	0.00	33.80	-	≤ 35 ms	Memenuhi
	4 x Is	34.30	0.00	34.30	-	≤ 35 ms	Memenuhi
RST	2 x Is	30.30	0.00	30.30	-	≤ 35 ms	Memenuhi
	3 x Is	29.50	0.00	29.50	-	≤ 35 ms	Memenuhi
	4 x Is	28.30	0.00	28.30	-	≤ 35 ms	Memenuhi

1.7 Pemeriksaan fungsi kerja perintang harmonik : -

1.8 Catatan : - Kapasitas CT (736 MVA), Sistem Tegangan GT (525/22,8 kV - YND11), Rasio CT sisi HV (2000/1), rasio CT sisi LV ((25000/5)/(1/5))
 - Pada pengujian karakteristik arus diferensial, nilai Id dan Ires diperoleh sesuai nilai pembacaan pada relai

1.9 Alat Uji : Omicron CMC 356

1.10 Referensi : - Kriteria berdasarkan manual buku Malm pada *T60 Transformer Protection System, UR Series Instruction Manual

Diuji tanggal 19 - 25 Januari 2022	Diuji oleh LRA, LUK	Disaksikan oleh Kenno Robby Pradana	Diperiksa oleh EAT
---------------------------------------	----------------------------	--	---------------------------

Lampiran 2. Hasil Uji Relai Arus Lebih pada Main Transformator



1/22.2512.002/2022

LI-3

2. HASIL PENGUJIAN RELAI ARUS LEBIH (PHASE TOC - MTRZ)

ASI : PLTA BAKARU UNIT 2

PANEL : Main Transformator No.2 Protective Relay

2.1 Data Spesifikasi

Pabrik : GE Multilin
 Tipe : T60
 No. Seri : ABHC16001052

Arus Nominal (In) : 1/5 A
 Batas Setelan Is : 0 - 30 PU
 TD : 0 - 600 IEC Curve A
 Catu daya bantu (Vx) : 110 Vdc

2.2 Pemeriksaan Sifat Tampak (Visual)

	Baik	Tidak baik	Catatan
Fisik relai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Terminal kabel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tombol perintah	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indikator	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pentanahan rumah relai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Short link arus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

2.3 Pemeriksaan Catu Daya Bantu DC/AC

	Baik	Tidak baik	Catatan
Besar tegangan catu daya	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	111,8 Vdc
Polaritas tegangan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+68,50 & -43,28 Vdc

2.4 Pengujian Karakteristik Unil Waktu Tunda (51651N)

a. Arus Kerja Mula (pick-up) :

Fasa Uji	R	S	T	N
Arus setelan [A]	5.00	5.00	5.00	
Arus kerja (pick-up) [A]	5.011	5.009	5.009	
Arus kembali [A]	4.861	4.860	4.860	
Kesalahan (pick-up)	[mA]	11	9	9
	[%]	0.22	0.18	0.18
Kriteria	≤ 0.4 %	≤ 0.4 %	≤ 0.4 %	
Hasil	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	

b. Pengujian Karakteristik Waktu :

b.1. Waktu Inverse : setelan Is = 5 A ; Td = 0,18 (IEC Curve A = IEC S1)

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
R	2.0 x	1.845	1.805	39.78	2.20	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	3.0 x	1.160	1.134	25.65	2.26	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	4.0 x	0.915	0.896	18.14	2.02	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi

Diuji tanggal	Diuji oleh	Dibaksikan oleh	Diperiksa oleh
19 - 25 Januari 2022		Kenno Robby Pradana	



1/22.2512.002/2022

LI-4

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
S	2.0 x	1.846	1.805	40.78	2.26	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	3.0 x	1.163	1.134	28.65	2.53	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	4.0 x	0.917	0.896	20.94	2.34	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
T	2.0 x	1.848	1.805	42.78	2.37	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	3.0 x	1.160	1.134	25.65	2.26	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	4.0 x	0.919	0.896	22.54	2.52	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
N	2.0 x						
	3.0 x						
	4.0 x						

b.2. Waktu Definite :

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria*)	Hasil
				(ms)	(%)		
R	2.0 x						
	3.0 x						
	4.0 x						
S	2.0 x						
	3.0 x						
	4.0 x						
T	2.0 x						
	3.0 x						
	4.0 x						
N	2.0 x						
	3.0 x						
	4.0 x						

2.5 Pengujian Karakteristik UnR Instantaneous (50&50N)

a. Arus Kerja Mula (pick-up) :

Fasa Uji		R	S	T	N
Arus setelan	[A]				
Arus kerja (pick-up)	[A]				
Arus kembali	[A]				
Kesalahan (pick-up)	[mA]				
	[%]				
Kriteria					
Hasil					

Diuji tanggal 19 - 25 Januari 2022	Diuji oleh LRA, LUK	Disaksikan oleh Kenno Robby Pradana	Diperiksa oleh EAT
---------------------------------------	----------------------------	--	---------------------------



1/22.2512.002/2022

LI-5

Pengujian Karakteristik Waktu :

Uji	Arus Uji	Waktu kerja (ms)	Waktu referensi (ms)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
R							
S							
T							
N							

2.6 Pengujian Fungsi

- a. Indikasi trip/alarm di relai : Baik
 b. Fungsi pengukuran di relai : Baik
 c. Kerja kontak relai : Baik
 d. Trip PMT : --
 e. Alarm kontrol panel : --
 f. Annunciator kontrol panel : --

- 2.7 Catatan : - Pengujian arus Kerja Mula (pick up) dengan menggunakan Anak kontak H2 dan merubah sementara setelah waktu kerja menjadi instant

- 2.8 Alat Uji : Omicron CMC 356

- 2.9 Referensi : Kriteria berdasarkan manufaktur klain pada "TGO Transformer Protection System, UR Series Instruction Manual"

Diuji tanggal 19 - 25 Januari 2022	Diuji oleh LRP, LUK	Disaksikan oleh Kenno Robby Pradana	Diperiksa oleh EAT
---------------------------------------	----------------------------	--	---------------------------

Lampiran 3. Hasil Uji Relai Arus Lebih pada Main Generator



LEGALISASI DIGITAL

3/22.2512.002/2022

LI-3

2. HASIL PENGUJIAN RELAI ARUS LEBIH (PHASE_TOCI_51P-GEN)

ASI : PLTA BAKARU UNIT 2

Panel : Generator No.2 Protective Relay

2.1 Data Spesifikasi

Pabrik : GE Multilin Arus Nominal (In) : 1/5 A
 Tipe : G60 Batas Setelan Is : 0 - 30 PU
 No. Seri : AALC16000675 TD : 0 - 600 IEC Curve A
 Catu daya bantu (Vs) : 110 Vdc

2.2 Pemeriksaan Sifat Tampak (Visual)

	Baik	Tidak baik	Catatan
Fisik relai	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Terminal kabel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tombol perintah	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Indikator	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pentanahan rumah relai	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Short link arus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

2.3 Pemeriksaan Catu Daya Bantu DC/AC

	Baik	Tidak baik	Catatan
Besar tegangan catu daya	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	111,60 Vdc
Polaritas tegangan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+70,00 & -41,63 Vdc

2.4 Pengujian Karakteristik Unit Waktu Tunda (51P51N)

a. Arus Kerja Mula (pick-up) :

Fasa Uji	R	S	T	N
Arus setelan [A]	4,50	4,50	4,50	
Arus kerja (pick.up) [A]	4,510	4,509	4,505	
Arus kembali [A]	4,375	4,374	4,371	
Kesalahan (pickup)	[mA]	10	5	
	[%]	0,22	0,20	0,11
Kriteria	≤ 0,4 %	≤ 0,4 %	≤ 0,4 %	
Hasil	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	

b. Pengujian Karakteristik Waktu :

b.1. Waktu inverse : setelan Is = 4,5 A ; Td = 0,25 (IEC Curve A = IEC S1)

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
R	2,0 x	2,541	2,507	33,74	1,35	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi
	3,0 x	1,600	1,575	24,52	1,56	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi
	4,0 x	1,271	1,245	26,06	2,09	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi

Diuji tanggal	Diuji oleh	Disaksikan oleh	Diperiksa oleh
19-25 Januari 2022	LRA, LUX	Kenno Robby Pradana	EAT



3/22.2512.002/2022

LI-4

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
S	2,0 x	2,541	2,507	33,74	1,35	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi
	3,0 x	1,598	1,575	22,52	1,43	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi
	4,0 x	1,264	1,245	19,06	1,53	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi
T	2,0 x	2,543	2,507	35,74	1,43	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi
	3,0 x	1,605	1,575	29,52	1,87	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi
	4,0 x	1,268	1,245	23,06	1,85	≤ 10 ms or 3,5 %	Memenuhi
N	2,0 x						
	3,0 x						
	4,0 x						

b.2. Waktu Definite :

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria*)	Hasil
				(ms)	(%)		
R	2,0 x						
	3,0 x						
	4,0 x						
S	2,0 x						
	3,0 x						
	4,0 x						
T	2,0 x						
	3,0 x						
	4,0 x						
N	2,0 x						
	3,0 x						
	4,0 x						

2.5 Pengujian Karakteristik UnR Instantaneous (S0850N)

a. Arus Kerja Mula (pick-up) :

Fasa Uji		R	S	T	N
Arus setelan	[A]				
Arus kerja (pick.up)	[A]				
Arus kembali	[A]				
Kesalahan (pick.up)	[in]				
	[N]				
Kriteria					
Hasil					

Diuji tanggal 19-25 Januari 2022	Diuji oleh LRA, LUX	Disaksikan oleh Kenno Robby Pradana	Diperiksa oleh EAT
-------------------------------------	----------------------------	--	---------------------------



3/22.2512.002/2022

LI-5

Pengujian Karakteristik Waktu :

No	Uji	Arus Uji	Waktu kerja (ms)	Waktu referensi (ms)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
					(ms)	(%)		
a	R							
b	S							
c	T							
d	N							

2.6 Pengujian Fungsi

- a. Indikasi trip/alarm di relai : Baik
 b. Fungsi pengukuran di relai : Baik
 c. Kerja kontak relai : Baik
 d. Trip PMT : --
 e. Alarm kontrol panel : --
 f. Annunciator kontrol panel : --

- 2.7 Catatan : - Pengujian arus Kerja Mula (lock-up) dengan menggunakan Anak kontak P4 dan merubah sementara setelah waktu kerja menjadi instant

- 2.8 Alat Uji : Omicron CMC 356

- 2.9 Referensi : Kriteria berdasarkan manufaktur klaim pada "GPO Generator Protection System, UR Series Instruction Manual"

Diuji tanggal 19-25 Januari 2022	Diuji oleh IRA, LUK	Disaksikan oleh Kenno Robby Pradana	Diperiksa oleh EAT
-------------------------------------	----------------------------	--	---------------------------