

DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, Zuriman. 2018. *Mesin Listrik Dasar*. Padang: ITP Press.
- Bachtiar, H. 2006. *Sistem Proteksi Pembangkitan Energi Listrik*. Bandung.
- Fernandez, Yos Dominikus Bobby.” *Analisa Proteksi Pada Transformator Daya Unit 1 PLTU Lontar Menggunakan ETAP*”, Sekolah Tinggi Teknik-PLN Jakarta, Jakarta 2020
- Fitrizawati, Nurhadiyono, S., & Efendi, N. 2018. *Analisis Setting Relay Proteksi Pengaman Arus Lebih Pada Generator (Studi Kasus di PLTU 2x300 MW Cilacap)*. *Intuisi Teknologi Dan Seni*, 10(1), 49-57.
- Istimaroh, A., Hariyanto, N., & Syahrial. (2013). Penentuan Setting Rele Arus Lebih Generator dan Rele Diferensial Transformator Unit 4 PLTA Cirata II. *Jurnal Reka Elkomika*, 1(2), 131-141.
- Marsudi, D. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: PT Erlangga.
- Pranata, A. (2019). *Analisis Sistem Proteksi Relay Arus Lebih Pada Generator Di Pusat PLTA Kedung Ombo*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rachmawan, Alvin Nur Fajar. 2020. *Studi Evaluasi Sistem Proteksi Relay Arus Lebih Pada Generator di Pusat PLTA Gajah Mungkur*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rahardani, S. S. (2015). *Studi Koordinasi Sistem Proteksi Pada PLTA PT PJB Unit Pembangkitan Cirata*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rahmani, Itsna Nurul. 2020. *Analisa Sistem Proteksi Rele Arus Lebih Pada Generator Unit 1 di PT. Indonesia Power Up mrica PLTA Wonogiri*. Jakarta: Institut Teknologi PLN.
- Sukisno, Toto. 2020. “*Pengantar Proteksi Sistem Tenaga Listrik Berbasis Software ETAP*”. https://www.researchgate.net/publication/342548685_Pen

gantar_Proteksi_Sistem_Tenaga_Listrik_Berbasis_Software_ETAP. Di akses pada 15 November 2021 pukul 01.30.

Tanyadji, Sonny dan Sarma Thaha. 2015. *Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Makassar: Innawa.

Timotius D. Ngedi, Temi. 2016. *Penggunaan Over Current Relay Dalam System Tenaga Listrik*. Kupang: Universitas Nusa Cendana.

Uma, Uma U. dan I.K. Onwuka. 2014. *Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substation Relay Coordination*. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). Vol 04. Hal 26-31.

Yudha, Hendra Martha. 2008. *Rele Proteksi: Prinsip dan Aplikasi*. Palembang: Universitas Sriwijaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Rele Proteksi Generator

	3/22.2512.002/2022	LI-3
	2. HASIL PENGUJIAN RELAI ARUS LEBIH (PHASE_TOC1_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 (Vx) : 110 Vdc

2.2 Pemeriksaan Sifat Tampak (Visual)

	Baik	Tidak baik	Catatan
Fisik relai	√	-	
Terminal kabel	√	-	
Tombol perintah	√	-	
Indikator	√	-	
Pentanahan rumah relai	√	-	
Short link arus	-	-	

2.3 Pemeriksaan Catu Daya Bantu DC/AC

	Baik	Tidak baik	Catatan
Besar tegangan catu daya	√	-	111.60 Vdc
Polaritas tegangan	√	-	+70,00 & -41,63 Vdc

2.4 Pengujian Karakteristik Unit Waktu Tunda (51&51N)



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 (pick.up)	[mA]	10	5	
	[%]	0,22	0,20	0,11
Kriteria	≤ 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 SI)

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, LUK	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 Unit 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)	[In]				
	[%]				
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-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 Unit 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
---------------------------------------	----------------------------	--	---------------------------

Lampiran 3 Hasil Uji Relai Proteksi *Station Service Transformer*



2/22.2512.002/2022

LI-3

2. HASIL PENGUJIAN RELAI ARUS LEBIH (51P-1_SST)

ASI : PLTA BAKARU UNIT 2

Panel : No.2 S.S Transformer Protective Relay

2.1 Data Spesifikasi

Pabrik : GE Multilin Arus Nominal (In) : 1/5 A
 Tipe : T60 Batas Setelan Is : 0,10 – 2,4 In
 No. Seri : ABHC16001050 TD : 0.05 – 1,1 IEC curves (IECurve)
 Catu daya bantu (Vx) : 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"/>	111.70 Vdc
Polaritas tegangan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+71,90 & -39,81 Vdc

2.4 Pengujian Karakteristik Unit Waktu Tunda (51&51N)

a. Arus Kerja Mula (pick-up) :

Fasa Uji	R	S	T	N
Arus setelan [A]	2.00	2.00	2.00	
Arus kerja (pick.up) [A]	2.006	2.005	2.005	
Arus kembali [A]	1.940	1.940	1.950	
Kesalahan (pick.up)	[mA]	6	5	5
	[%]	0.30	0.25	0.25
Kriteria	≤ 0.4 %	≤ 0.4 %	≤ 0.4 %	
Hasil	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	

b. Pengujian Karakteristik Waktu :

b.1. Waktu Inverse : setelan Is = 2 A ; Td = 0,33 (IEC Curve A = IEC SI)

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
R	2.0 x	3.352	3.310	42.42	1.28	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	3.0 x	2.116	2.080	36.36	1.75	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	4.0 x	1.671	1.643	27.68	1.68	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi

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



2/22.2512.002/2022

LI-4

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
S	2.0 x	3.357	3.310	47.42	1.43	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	3.0 x	2.111	2.080	31.36	1.51	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	4.0 x	1.674	1.643	30.68	1.87	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
T	2.0 x	3.362	3.310	52.42	1.58	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	3.0 x	2.104	2.080	24.36	1.17	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	4.0 x	1.673	1.643	29.68	1.81	≤ 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 Unit 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)	[In]				
	[%]				
Kriteria					
Hasil					

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



2/22.2512.002/2022

LI-7

Fasa Uji	Arus Uji	Waktu kerja (s)	Waktu referensi (s)	Kesalahan		Kriteria	Hasil
				(ms)	(%)		
S	2.0 x	4.260	4.195	64.63	1.54	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	3.0 x	1.737	1.696	40.78	2.40	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	4.0 x	1.028	0.996	32.49	3.26	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
T	2.0 x	4.273	4.195	77.63	1.85	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	3.0 x	1.732	1.696	35.78	2.11	≤ 10 ms or 3.5 %	Memenuhi
	4.0 x	1.022	0.996	26.49	2.66	≤ 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						

3.5 Pengujian Karakteristik Unit 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)	[In]				
	[%]				
Kriteria					
Hasil					

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

Lampiran 4 Load Flow Report

LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
*Bus1	11.000	100.000	0.0	43.889	26.043	0.000	0.000	Bus4	0.021	0.141	7.5	14.5	
								Bus2	43.868	25.902	2673.9	86.1	
Bus2	150.000	95.515	-4.6	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus3	37.259	20.452	171.3	87.7	
								Bus1	-43.765	-21.269	196.1	89.9	
								Bus14	6.506	0.817	26.4	99.2	
Bus3	150.000	95.471	-4.7	0.000	0.000	37.250	20.471	Bus2	-37.250	-20.472	171.4	87.6	
Bus4	0.380	99.295	0.1	0.000	0.000	0.020	0.140	Bus1	-0.020	-0.140	216.2	14.4	
Bus11	0.380	98.927	-0.2	0.000	0.000	0.115	0.188	Bus12	-0.115	-0.188	338.0	52.0	
*Bus12	11.000	100.000	0.0	43.984	26.093	0.000	0.000	Bus11	0.115	0.190	11.7	51.8	
								Bus14	43.868	25.902	2673.9	86.1	
Bus14	150.000	95.515	-4.6	0.000	0.000	0.000	0.000	Bus16	50.272	22.085	221.3	91.6	
								Bus12	-43.765	-21.269	196.1	89.9	
								Bus2	-6.506	-0.817	26.4	99.2	
Bus16	150.000	95.463	-4.7	0.000	0.000	50.255	22.089	Bus14	-50.255	-22.089	221.3	91.5	

* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to)

Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Lampiran 5 Short Circuit Report

Short-Circuit Summary Report

3-Phase Fault Currents

Bus		Device		Device Capacity (kA)				Short-Circuit Current (kA)					
ID	kV	ID	Type	Making Peak	Ib sym	Ib asym	Idc	I" k	ip	Ib sym	Ib asym	Idc	Ik
Bus1	11.000	Bus1	Bus					39.164	103.057				12.536
	11.000	CB1	CB	160.000	63.000	68.964	28.055	39.164	103.057	34.495	42.403	24.659	
	11.000	CB6	CB	160.000	63.000	68.964	28.055	39.164	103.057	34.495	42.403	24.659	
	11.000	CB2	CB	160.000	63.000	68.964	28.055	39.164	103.057	34.495	42.403	24.659	
Bus2	150.000	Bus2	Bus					3.893	9.973				0.915
	150.000	CB3	CB	135.000	50.000	53.361	18.639	3.893	9.973	3.289	3.693	1.679	
	150.000	CB4	CB	135.000	50.000	53.361	18.639	3.893	9.973	3.289	3.693	1.679	
	150.000	CB28	CB	135.000	40.000	42.689	14.911	3.893	9.973	3.289	3.693	1.679	
Bus3	150.000	Bus3	Bus					3.870	9.886				1.826
	150.000	CB5	CB	135.000	50.000	53.361	18.639	3.870	9.886	3.275	3.642	1.592	
Bus4	0.380	Bus4	Bus					33.037	67.306				31.690
Bus11	0.380	Bus11	Bus					33.640	68.423				31.690
Bus12	11.000	Bus12	Bus					39.181	103.090				12.536
	11.000	CB21	CB	160.000	63.000	68.964	28.055	39.181	103.090	34.508	42.416	24.665	
	11.000	CB18	CB	160.000	63.000	68.964	28.055	39.181	103.090	34.508	42.416	24.665	
	11.000	CB20	CB	160.000	63.000	68.964	28.055	39.181	103.090	34.508	42.416	24.665	
Bus14	150.000	Bus14	Bus					3.893	9.973				0.915
	150.000	CB17	CB	135.000	50.000	53.361	18.639	3.893	9.973	3.289	3.693	1.679	
	150.000	CB27	CB	135.000	50.000	53.361	18.639	3.893	9.973	3.289	3.693	1.679	
	150.000	CB28	CB	135.000	40.000	42.689	14.911	3.893	9.973	3.289	3.693	1.679	
Bus16	150.000	Bus16	Bus					3.876	9.906				1.826
	150.000	CB26	CB	135.000	50.000	53.361	18.639	3.876	9.906	3.278	3.649	1.604	

ip is calculated using method C

Ib does not include decay of non-terminal faulted induction motors

Ik is the maximum steady state fault current

Idc is based on X/R from Method C and Ib as specified above

LV CB duty determined based on service rating.

Total through current is used for device duty.

* Indicates a device with calculated duty exceeding the device capability.

Indicates a device with calculated duty exceeding the device marginal limit. (95 % times device capability)