

Pemeliharaan *Shutdown Measurement* di Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 KV Kuta

Mutiara Indah Permata Hati¹, Sultan¹

¹Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram, Mataram, 83127, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received March 8, 2024
Revised March 25, 2024
Accepted March 27, 2024

Keywords:

Electrical Energy;
Maintenance;
Shutdown Measurement;
Main Substation;
Primary Equipment.

ABSTRACT

Focusing on PLN as a provider of electrical energy, this article highlights the importance of safety systems, maintenance and component testing in maintaining the quality of electricity distribution. PT PLN has maintenance guidelines based on KEPDIR 0520.K/DIR/2014, which includes five maintenance classifications. This article describes a case study of shutdown measurement maintenance at the Kuta 150 kV Mains Substation, using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) to evaluate primary equipment components. The results show that after maintenance, the condition of the primary equipment is normal and ready for operation again, confirming the importance of proper maintenance in maintaining system reliability. The main substation is good and ready to be operated again.

Corresponding Author:

Sultan, ST., MT, Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram, Mataram, 83127, Indonesia
Email: sultandarma@unram.ac.id

1. PENDAHULUAN

Listrik memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari karena menjadi sumber energi utama untuk berbagai keperluan. Dalam sektor rumah tangga, listrik digunakan untuk penerangan, pengoperasian perangkat elektronik, dan kebutuhan sehari-hari lainnya. Di sektor industri, listrik menjadi pemeran utama untuk berbagai proses produksi dan operasional. Keberadaan listrik juga mendukung kemajuan teknologi, komunikasi, dan kenyamanan modern. Kehadiran listrik menjadikan banyak aktivitas manusia lebih efisien, produktif, dan nyaman. PLN (Perusahaan Listrik Negara) atau perusahaan listrik nasional adalah pemeran utama dalam menyediakan listrik untuk masyarakat. PLN bertanggung jawab atas pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik ke seluruh wilayah Indonesia.

Dalam mentransmisikan listrik Gardu Induk memegang peran sentral dalam menjaga kestabilan dan kelancaran distribusi listrik dalam suatu wilayah. Kinerja optimal dari gardu induk ini sangat penting untuk menjamin pasokan listrik yang handal kepada konsumen. Salah satu aspek kritis dalam menjaga integritas sistem kelistrikan adalah pemeliharaan.

Pemeliharaan merupakan salah satu proses kegiatan yang bertujuan menjaga kondisi peralatan tenaga listrik agar tetap optimal dalam melaksanakan fungsinya sehingga nilai kehandalannya dapat terpenuhi. PT PLN (Persero) selaku perusahaan utama penyedia dan pemasok energi listrik di Indonesia mempunyai pedoman dalam melakukan pemeliharaan terhadap asetnya. Mengacu pada KEPDIR 0520.K/DIR/2014 terdapat lima penggolongan pemeliharaan yaitu *in service inspection*, *in service measurement*, *shutdown measurement*, *conditional* (pasca relokasi/pasca gangguan/bencana alam), dan *overhaul*. Sehubungan dengan hal tersebut maka dalam artikel ini akan membahas tentang Pemeliharaan *Shutdown Measurement* di Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 kV Kuta dengan kegiatan pemeriksaan maupun pengujian mengacu kepada *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dari setiap komponen peralatan primer di Gardu Induk 150 kV Kuta.

2. METODE

Dalam penyusunan artikel ini, metodologi yang digunakan antara lain sebagai berikut:

2.1. Pengamatan Langsung

Pada tahap ini dilakukan dengan mengikuti kegiatan pemeliharaan *shutdown measurement* di Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 kV Kuta yang dilakukan oleh ULTG Lombok Barat.

2.2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan teori-teori penunjang yang berkaitan dengan artikel ini berupa Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014, buku, jurnal ilmiah, internet, dan database. Teori-teori penunjang yang dibutuhkan dalam penyusunan artikel ini berkaitan dengan pemeliharaan peralatan primer gardu induk khususnya di Bay Line.

2.3. Wawancara

Pada tahap ini dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan bertanya langsung kepada pihak-pihak yang telah berpengalaman sehingga memperoleh informasi mengenai permasalahan yang ada dilapangan dan tentang pemeliharaan peralatan primer di Gardu Induk 150 kV.

2.4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan data hasil pemeliharaan *shutdown measurement* di Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 kV Kuta. Data yang dibutuhkan berupa data uji *shutdown measurement* sesuai dengan SK Dir PLN 2014 pada peralatan bay line yaitu *Lightning Arrester (LA)*, *Current Voltage Transformer (CVT)*, Pemisah (PMS), *Current Transformer (CT)* dan Pemutus Tenaga (PMT)

2.5. Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan dengan mengolah dan menganalisis data hasil dari pemeliharaan *shutdown measurement* di Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 kV Kuta, kemudian dibandingkan dengan standar Buku Pedoman Pemeliharaan PLN No. 0520-2.K/DIR/2014. Hal ini dapat menjadi bahan evaluasi untuk peralatan dan juga strategi pemeliharaan kedepannya.

2.6. Penyusunan Artikel

Pada tahap ini dilakukan penyusunan artikel setelah diperoleh data hasil dan analisis hasil uji pemeliharaan *shutdown measurement* di Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 kV Kuta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan foto kegiatan pada saat dilakukannya Pemeliharaan *Shutdown Measurement* di Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 kV Kuta:



Gambar 1. Kegiatan Pemeliharaan *Shutdown Measurement* Bay Line Sengkol 2 GI 150 KV Kuta

Setelah dilakukannya Pemeliharaan *shutdown measurement* di Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 kV Kuta, didapatkan hasil dan analisis data pemeliharaan adalah sebagai berikut:

3.1. *Lightning Arrester (LA)*

Hasil dan analisis data pemeliharaan LA adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Tahanan Isolasi LA

Tabel 1. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi LA

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian Tahanan Isolasi LA (GΩ)			Kesimpulan Hasil Pengujian
		R	S	T	
Atas-Bawah	>1 GΩ	9,27	13,28	52,9	Normal
Atas-Ground	>1 GΩ	24,1	27,6	58,9	Normal
Bawah-Ground	>1 GΩ	10,74	4800	40,9	Normal

Tabel 1 menunjukkan bahwa tahanan isolasi LA fasa R, S, T sesuai dengan ketentuan dalam Surat Keputusan Direksi (SK Dir) yaitu melebihi nilai 1 GΩ. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tahanan isolasi LA fasa R, S, T dalam kondisi normal.

2. Pengujian Tahanan Pentanahan

Tabel 2. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan LA

Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan LA (Ω)	Kesimpulan Hasil Pengujian	
Standar : $\leq 1 \Omega$		
R	0,17	Normal
S	0,25	Normal
T	0,14	Normal

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan LA, sesuai dengan standar KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yang menetapkan batasan tahanan pentanahan LA $\leq 1 \Omega$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi tahanan pentanahan LA fasa R, S, T berada dalam kondisi normal.

3.2. Capacitive Voltage Transformer (CVT)

Hasil dan analisis data pemeliharaan CVT adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Tahanan Isolasi

Tabel 3. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi CVT

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian Tahanan Isolasi CVT (GΩ)			Kesimpulan Hasil Pengujian
		R	S	T	
Primer – Ground	>1MΩm/1kV	9,38	18,8	31,5	Normal
Sekunder - Ground					
Core 1 – Ground	>1MΩm/1kV	1,38	1,52	1,58	Normal
Core 2 – Ground		1,76	2,09	2,1	
Primer – Sekunder					
Primer – Core 1	>1MΩm/1kV	3,65	4,02	4,05	Normal
Primer – Core 2		4,88	7,62	6,35	

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai standar isolasi CVT dalam KEPDIR 0520.K/DIR/2014 mengenai panduan pemeliharaan CVT adalah 1 MΩ per 1 kV. Berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi CVT yang terdapat pada tabel, terlihat bahwa nilai tahanan isolasi CVT fasa R, S, T di Bay Line tersebut sesuai dengan Surat Keputusan Direksi (SK Dir). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tahanan isolasi CVT fasa R, S, T berada dalam kondisi normal.

2. Pengujian Kapasitansi

Tabel 4. Hasil Pengujian Kapasitansi CVT

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian Kapasitansi CVT (pF)			Kesimpulan Hasil Pengujian
		R	S	T	
Kapasitansi	< + 10 atau > - 5%	1316,5	1253,7	1253,2	Normal

Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil uji kapasitansi CVT memenuhi persyaratan KEPDIR 0520.K/DIR/2014. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi CVT tersebut berada dalam kondisi normal.

3. Pengujian Tahanan Pentanahan

Tabel 5. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan CVT

Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan CVT (Ω) Standar : $\leq 1 \Omega$	Kesimpulan Hasil Pengujian	
	R	S
R	0,50	Normal
S	0,44	Normal
T	0,39	Normal

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan CVT telah sesuai dengan standar KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yang menetapkan batasan tahanan pentanahan CVT $\leq 1 \Omega$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi tahanan pentanahan CVT fasa R, S, T berada dalam kondisi normal.

3.3. Pemisah (PMS)

Hasil dan analisis data pemeliharaan PMS sebagai berikut:

1. Pengujian Tahanan Kontak

Tabel 6. Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMS

Pengujian	Standar	Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMS ($\mu\Omega$)			Kesimpulan Hasil Pengujian
		R	S	T	
Pisau	<120% dari hasil uji	12,82	9,93	11,58	Normal
Klem	Pabrikasi	183	166	192	Normal

Tabel 6 menunjukkan bahwa standar KEPDIR 0520.K/DIR/2014 menetapkan bahwa resistansi kontak pisau dan klem harus kurang dari 120% dari hasil uji pabrikan. Hasil pengujian, berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan dari hasil ini bahwa pengujian resistansi kontak pisau dan klem sesuai dengan standar. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi tahanan kontak PMS berada dalam kondisi normal.

2. Pengujian Tahanan Isolasi

Tabel 7. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMS

Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMS ($G\Omega$) Standar : $>1 M\Omega/kV$	Kesimpulan Hasil Uji	
	R	S
R	6,08	Normal
S	9,6	Normal

T	10,94	Normal
---	-------	--------

Tabel 7 menunjukkan bahwa pada pengujian tahanan isolasi PMS, memiliki standar sesuai dengan KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yaitu $>1 \text{ M}\Omega/\text{kV}$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tahanan isolasi PMS fasa R, S, T dalam kondisi normal.

3. Pengujian Tahanan Pentanahan

Tabel 8. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan PMS

	Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan PMS (Ω) Standar : $\leq 1 \Omega$	Kesimpulan Hasil Pengujian
R	0,63	Normal
S	0,36	Normal
T	0,16	Normal

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan PMS, telah sesuai dengan standar KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yang menetapkan batasan tahanan pentanahan PMS $\leq 1 \Omega$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi tahanan pentanahan PMS fasa R, S, T berada dalam kondisi normal.

3.4. Current Transformer (CT)

Hasil dan analisis data pemeliharaan CT adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Tahanan Isolasi

Tabel 9. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi CT

		Hasil Pengujian Tahanan Isolasi CT ($\text{G}\Omega$) Standar : $>1 \text{ M}\Omega/\text{kV}$		Kesimpulan Hasil Pengujian
		Primer	Ground	
R	Sekunder CORE1	11,54	5,98	Normal
	Sekunder CORE2	10,55	5,9	Normal
	Sekunder CORE3	10,19	5,17	Normal
	Sekunder CORE4	10,59	4,12	Normal
	Sekunder CORE5	-	-	-
S	Sekunder CORE1	9,95	0,423	Normal
	Sekunder CORE2	10,01	0,94	Normal
	Sekunder CORE3	10,12	0,991	Normal
	Sekunder CORE4	9,91	1,087	Normal
	Sekunder CORE5	-	-	-
T	Sekunder CORE1	10,24	0,24	Normal
	Sekunder CORE2	11,39	1,147	Normal
	Sekunder CORE3	11,05	26,4	Normal
	Sekunder CORE4	10,92	1	Normal
	Sekunder CORE5	-	-	-
	Primer	Ground	Kesimpulan Hasil Pengujian	
	R Primer	6,08	Normal	
	S Primer	9,6	Normal	
	T Primer	10,94	Normal	

Tabel 9 menunjukkan bahwa pengujian tahanan isolasi CT, memiliki standar sesuai dengan KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yaitu $>1 \text{ M}\Omega/\text{kV}$. Terlihat bahwa semua nilai tahanan isolasi CT tersebut sesuai dengan Surat Keputusan Direksi (SK Dir). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tahanan isolasi CT dalam kondisi normal.

2. Pengujian Tan Delta

Tabel 10. Hasil Pengujian Tan Delta CT

Penguujian	Standar	Hasil Pengujian			Kesimpulan Hasil Penguujian
		R	S	T	
Tan Delta (%)	< 1%	0,6028	0,5179	0,5673	Normal

Tabel 10 menunjukkan bahwa sesuai dengan KEPDIR 0520.K/DIR/2014 pengujian tan delta memiliki standar <1%. Terlihat bahwa semua nilai tan delta CT tersebut sesuai dengan Surat Keputusan Direksi (SK Dir). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tan delta CT dalam kondisi normal.

3. Pengujian Tahanan Pentanahan

Tabel 11. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan CT

Standar : $\leq 1 \Omega$	Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan CT ($G\Omega$)		Kesimpulan Hasil Penguujian
	R	S	
R	0,51		Normal
S	0,3		Normal
T	0,7		Normal

Tabel 11 menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan CT telah sesuai dengan standar KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yang menetapkan batasan tahanan pentanahan CT $\leq 1 \Omega$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi tahanan pentanahan CT fasa R, S, T berada dalam kondisi normal.

3.5. Pemutus Tenaga (PMT)

Hasil dan analisis data pemeliharaan PMT adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Tahanan Isolasi

Tabel 12. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMT

Titik Ukur	Standar / Acuan	Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMT ($M\Omega$)			Kesimpulan Hasil Pengujian
		R	S	T	
Atas- Bawah	1 $M\Omega/kV$	4,5	7,29	34	Normal
Atas - Ground		0,43	0,56	0,50	Normal
Bawah - Ground		3,12	2,93	5,57	Normal

Tabel 12 menunjukkan bahwa pada pengujian tahanan isolasi PMT, memiliki standar sesuai dengan KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yaitu $>1 M\Omega/kV$. Terlihat bahwa nilai tahanan isolasi PMT fasa R, S, T tersebut sesuai dengan Surat Keputusan Direksi (SK Dir). Diperoleh hasil pengujian tahanan isolasi yang lebih besar dari $1 M\Omega$ per $1 kV$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tahanan isolasi PMT fasa R, S, T dalam kondisi normal.

2. Pengujian Tahanan Kontak

Tabel 13. Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT

Standar / Acuan	Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT ($\mu\Omega$)			Kesimpulan Hasil Penguujian
	R	S	T	
$R \leq 120\%$ Nilai pabrikasi atau FAT	36,53	36,56	36,61	Normal

Tabel 13 menunjukkan bahwa pada pengujian tahanan kontak PMT, memiliki standar sesuai dengan KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yaitu $\leq 120\%$ nilai pabrikan atau FAT. Terlihat bahwa nilai tahanan kontak PMT fasa R, S, T tersebut sesuai dengan Surat Keputusan Direksi (SK Dir). Diperoleh hasil pengujian tahanan isolasi yang lebih besar dari $\leq 120\%$ nilai pabrikan atau FAT. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tahanan kontak PMT fasa R, S, T dalam kondisi normal.

3. Pengujian Keserempakan Kontak Buka dan Kontak Tutup fasa R,S,T

Tabel 14. Hasil Pengujian Keserempakan (Δt) PMT

Standar	Hasil Pengujian		Kesimpulan Hasil Pengujian
	Keserempakan (Δt) PMT Buka (ms)	Tutup (ms)	
$\Delta t \leq 10$ ms atau standar dari pabrikan	0,52	5,58	Normal

Tabel 14 menunjukkan bahwa pengujian keserempakan Δt PMT, memiliki standar sesuai dengan KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yaitu $\Delta t \leq 10$ ms atau standar dari pabrikan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa keserempakan Δt PMT dalam kondisi normal.

4. Pengujian Tahanan Pentanahan

Tabel 15. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan PMT

Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan PMT ($G\Omega$) Standar : $\leq 1 \Omega$	Kesimpulan Hasil Pengujian
R	0,64 Normal
S	0,54 Normal
T	0,34 Normal

Tabel 15 menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan PMT telah sesuai dengan standar KEPDIR 0520.K/DIR/2014 yang menetapkan batasan tahanan pentanahan PMT $\leq 1 \Omega$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kondisi tahanan pentanahan PMT fasa R, S, T berada dalam kondisi normal.

4. KESIMPULAN

Pemeliharaan pada *Lightning Arrester* (LA), *Current Voltage Transformer* (CVT), Pemisah (PMS), *Current Transformer* (CT) dan Pemutus Tenaga (PMT) berdasarkan data yang telah didapatkan telah memenuhi standar Keputusan Direksi PT PLN No. 0520-2.K/DIR/2014 tentang himpunan buku pedoman pemeliharaan peralatan primer gardu induk pada Inspeksi Level 3 (*Shutdown Measurement*). Sehingga dapat dikatakan bahwa peralatan primer di Gardu Induk pada Bay Line Sengkol 2 Gardu Induk 150 kV Kuta berada dalam kondisi normal dan siap di operasikan kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Almanda, D., & Ardiansyah, A. (2022). Analisis Pengujian Tangen Delta pada Bushing Trafo 150/20 KV 60 MVA di Gardu Induk Karet Lama. RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), 5(2), 97-102.
- [2] Firdaus, A. G. (2021). Analisa Pengujian Kelayakan Operasi Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV Bay Penghantar Mandirancan I Berdasarkan Parameter Breaker Analyzer di Gardu Induk Sunyaragi. Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 15(3), 252-267.
- [3] Gonibala, M. A. A., Silimang, S., & Patras, L. S. Analisis Pengujian Unjuk Kerja Pemisah (Disconnecting Switch) di Gardu Induk 150kV Otam.
- [4] Pertiwi, S. R., Latifa, U., Hidayat, R., & Ibrahim, I. (2021). Analisis Kelayakan CVT (Capacitive Voltage Transformer) Fasa S Bay Busbar 2 150 kV di GI PT. XYZ Indonesia. Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 20(1), 37-54.
- [5] Salam, D. E., & Mulyana, E. ANALISIS UJI KELAYAKAN PMT PADA JARINGAN TENAGA LISTRIK 150 KV. Gunahumas, 4(2), 1-9.

- [6] Shoimatussurroh, S. (2022). Pemeliharaan Lightning Arrester (LA) pada Gardu Induk Saketi 150kv di PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(5), 520-531.