

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**ANALISIS PEMELIHARAAN *DISCONNECTING SWITCH*
BAY LINE TANAH LOT 1 DI GARDU INDUK KAPAL**



Oleh :

I Gusti Ngurah Tri Nadyarta

NIM. 2215313018

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BALI

2025

ANALISIS PEMELIHARAAN *DISCONNECTING SWITCH* BAY LINE TANAH LOT 1 DI GARDU INDUK KAPAL

I Gusti Ngurah Tri Nadyarta

ABSTRAK

Disconnecting Switch (DS) berperan penting dalam sistem kelistrikan sebagai pemisah tegangan tanpa beban untuk keperluan pemeliharaan dan isolasi peralatan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi hasil pemeliharaan terjadwal DS Bay Line Tanah Lot 1 di Gardu Induk Kapal berdasarkan SK-DIR 520, menganalisis pengaruh tahanan kontak terhadap rugi daya, serta menghitung kerugian finansial yang ditimbulkan. Metode pengujian meliputi inspeksi visual, *thermovisi*, serta pengukuran tahanan isolasi, tahanan kontak, dan tahanan *grounding*. Hasil menunjukkan seluruh parameter telah memenuhi standar. Nilai tahanan isolasi $>10\text{ G}\Omega$, tahanan kontak $<50\mu\Omega$, tahanan pentanahan $<1\ \Omega$, dan arus bocor $<0,52\ \mu\text{A}$. *Thermovisi* menunjukkan $\Delta T\ 2\text{--}3^{\circ}\text{C}$, yang menandakan kondisi termal normal. Tahanan kontak turun dari $11,64\ \mu\Omega$ (2023) menjadi $9,13\ \mu\Omega$ (2025), mengakibatkan penurunan rugi daya dari $0,000116\text{ kW}$ menjadi $0,000091\text{ kW}$. Rugi finansial dengan asumsi durasi operasi selama 30 hari juga menurun, fasa R dari Rp121,78 menjadi Rp95,72, Fasa S dari Rp126,90 menjadi Rp99,54, dan Fasa T dari Rp120,58 menjadi Rp112,73. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan nilai tahanan kontak secara langsung berdampak pada penurunan rugi daya dan kerugian biaya listrik. Dengan demikian, pemeliharaan DS terbukti efektif dalam menjaga efisiensi dan keandalan sistem.

Kata kunci: gardu induk, disconnecting switch, tahanan kontak, SK-DIR 520

ANALYSIS OF DISCONNECTING SWITCH MAINTENANCE ON THE TANAH LOT 1 BAY LINE AT KAPAL SUBSTATION

I Gusti Ngurah Tri Nadyarta

ABSTRACT

The Disconnecting Switch (DS) plays a crucial role in electrical systems as a no-load voltage isolator for maintenance and equipment isolation purposes. This research aims to evaluate the scheduled maintenance results of the DS Bay Line Tanah Lot 1 at Kapal Substation, based on SK-DIR 520. Analyze the effect of contact resistance on power loss, and calculate the resulting financial losses. The testing methods included visual inspection, thermographic analysis, and measurements of insulation resistance, contact resistance, and grounding resistance. The results show that all parameters met the applicable standards, insulation resistance $>10\text{ G}\Omega$, contact resistance $<50\ \mu\Omega$, grounding resistance $<1\ \Omega$, and leakage current $<0.52\ \mu\text{A}$. Temperature difference (ΔT) of $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$, suggesting normal thermal conditions. The contact resistance decreased from $11.64\ \mu\Omega$ (2023) to $9.13\ \mu\Omega$ (2025), resulting in a power loss reduction from 0.000116 kW to 0.000091 kW . Financial losses, assuming 30 days of operation, also decreased: Phase R from Rp121.78 to Rp95.72, Phase S from Rp126.90 to Rp99.54, and Phase T from Rp120.58 to Rp112.73. These findings indicate that a reduction in contact resistance directly contributes to decreased power loss and financial costs. Therefore, DS maintenance proves to be effective in maintaining system efficiency and reliability.

Keywords: substation, disconnecting switch, contact resistance, SK-DIR 520

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ii
LEMBAR PERNYATAAN PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan	I-3
1.5 Manfaat	I-3
BAB II LANDASAN TEORI	II-1
2.1 Sistem Transmisi	II-1
2.2 Gardu Induk	II-2
2.3 <i>Disconnecting Switch</i>	II-3
2.4 Penempatan Posisi <i>Disconnecting Switch</i>	II-3
2.5 Komponen dan Fungsi <i>Disconnecting Switch</i>	II-5
2.6 Pemeliharaan <i>Disconnecting Switch</i>	II-10
2.7 Rugi-rugi pada <i>Disconnecting Switch</i>	II-15
2.7.1 Rugi Tegangan	II-15
2.7.2 Rugi Daya	II-16
2.7.3 Rugi Energi	II-16
2.7.4 Rugi Finansial	II-16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Penelitian Terkait	III-1
3.2 Jenis Penelitian	III-2
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	III-3
3.4 Pengambilan Data	III-3
3.5 Pengolahan Data	III-3
3.6 Analisis Data	III-5

3.7	Hasil yang diharapkan	III-7
3.8	Tahapan Penelitian	III-8
BAB IV PEMBAHASAN		IV-1
4.1	Gambaran Umum.....	IV-1
4.1.1	Lokasi dan Cakupan Gardu Induk Kapal.....	IV-1
4.1.2	Karakteristik Beban <i>Bay Line</i> Tanah Lot 1	IV-2
4.2	Spesifikasi <i>Disconnecting Switch</i>	IV-3
4.3	Perhitungan Data Teknis	IV-4
4.3.1	Perhitungan Arus Bocor.....	IV-4
4.3.2	Perhitungan Selisih Suhu	IV-6
4.3.3	Perhitungan Rugi Daya	IV-7
4.3.4	Perhitungan Rugi Finansial.....	IV-9
4.4	Analisis Perbandingan hasil data dengan SK-DIR 520	IV-13
BAB V PENUTUP		V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik	II-1
Gambar 2. 2 Diagram Garis Sistem Tenaga Listrik	II-2
Gambar 2. 3 DS Peralatan	II-3
Gambar 2. 4 Pisau Pentanahan	II-3
Gambar 2. 5 Single Line Penempatan DS	II-4
Gambar 2. 6 Konstruksi Disconnecting Switch	II-4
Gambar 2. 7 Isolator	II-5
Gambar 2. 8 DS Engsel	II-5
Gambar 2. 9 DS Putar	II-6
Gambar 2. 10 DS Siku	II-6
Gambar 2. 11 DS Luncur	II-7
Gambar 2. 12 DS Pantograph	II-7
Gambar 2. 13 Klem	II-7
Gambar 2. 14 Mekanik Penggerak Manual	II-8
Gambar 2. 15 Mekanik Penggerak Tenaga Motor	II-8
Gambar 2. 16 Mekanik Penggerak Tenaga Pneumatik	II-9
Gambar 2. 17 Lemari Mekanik	II-9
Gambar 2. 18 Gambar Kontrol dan Auxillary	II-9
Gambar 2. 19 Pisau Pentanahan	II-10
Gambar 2. 20 Alat Ukur Thermovision	II-11
Gambar 2. 21 Contoh Pengukuran Thermovision	II-12
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian	III-8
Gambar 4. 1 Single Line Diagram Gardu Induk Kapal	IV-1
Gambar 4. 2 Single Line Diagram Bay Line Tanah Lot 1	IV-2
Gambar 4. 3 Panel Monitoring Bay Line Tanah Lot 1	IV-2

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Evaluasi dan Rekomendasi Thermovisi	III-5
Tabel 3. 2 Evaluasi dan Rekomendasi Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Isolasi	III-6
Tabel 3. 3 Evaluasi dan Rekomendasi Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Kontak	III-6
Tabel 3. 4 Evaluasi dan Rekomendasi Hasil Pengukuran Nilai Grounding	III-6
Tabel 4. 1 Spesifikasi Kontak Utama pada Disconnecting Switch	IV-3
Tabel 4. 2 Spesifikasi Box Kontrol pada Disconnecting Switch.....	IV-3
Tabel 4. 3 Spesifikasi Box Motor pada Disconnecting Switch	IV-4
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Bay Line Tanah Lot 1 Tegangan Inject 5 kV.....	IV-4
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Arus Bocor pada DS Bay Line Tanah Lot 1	IV-5
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Thermovision Disconnecting Switch Line Bay Line Tanah Lot 1	IV-6
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Bay Line Tanah Lot 1 Arus Inject 100 A	IV-7
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Rugi Daya pada DS Line Bay Line Tanah Lot 1	IV-8
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Rugi Energi pada DS Line Bay Line Tanah Lot 1.....	IV-10
Tabel 4. 10 Tarif Dasar Listrik (TDL) pada Januari-Maret 2025	IV-10
Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran rugi finansial pada DS Bay Line Tanah Lot 1	IV-11
Tabel 4. 12 Tabel Biaya Listrik Tahanan Kontak DS pada DS Line 150kV di Bay Line Tanah Lot 1.....	IV-12
Tabel 4. 13 Hasil Evaluasi Perhitungan Arus Bocor	IV-13
Tabel 4. 14 Hasil Evaluasi Pengujian Thermovisi	IV-14
Tabel 4. 15 Hasil Evaluasi Pengujian Tahanan Isolasi	IV-15
Tabel 4. 16 Hasil Evaluasi Pengujian Tahanan Kontak.....	IV-15
Tabel 4. 17 Hasil Evaluasi Tahanan Grounding	IV-16

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN (Persero) Gardu Induk Kapal adalah salah satu GI yang menerapkan sistem gardu induk konvensional, yaitu sistem penghubung dan pemutus jaringan listrik yang menggunakan penggerak motorik. Sebagaimana fungsinya, gardu induk memiliki peranan penting sebagai penghubung energi dari sistem transmisi ke sistem distribusi. Pada Gardu Induk Kapal, energi listrik dari jaringan transmisi bertegangan tinggi 150 kV diturunkan menjadi 20 kV, yang kemudian dialirkan ke jaringan tegangan menengah distribusi.

Gardu Induk Kapal berlokasi di Kabupaten Badung, tepatnya di Jl. Raya Abianbase No.3, Bali. Tata letak *Main Terminal Unit* (MTU) di Gardu Induk Kapal tersusun dari arah utara ke selatan, dimulai dari *Bay Line* Celukan Bawang 2 hingga ke *Bay* Kapasitor. Gardu Induk ini menerima suplai energi dari GI Padang Sambian dan GI Pemecutan Kelod, kemudian menyalurkannya ke GIS Tanah Lot dan GI Celukan Bawang. Gardu Induk Kapal memiliki 7 *Transmission Line* (T/L) *Bay* yang berperan penting dalam kelancaran distribusi energi listrik di wilayah Bali.

Sebagai salah satu Gardu Induk yang strategis dalam mendukung kontinuitas dan keandalan suplai listrik *Main Terminal Unit* pada Gardu Induk Kapal harus selalu dalam kondisi layak. Oleh sebab itu, dilakukan inspeksi rutin setiap hari untuk memeriksa kesiapan peralatan, serta perbaikan segera apabila ditemukan kerusakan atau anomali pada peralatan.

Salah satu komponen utama yang menjadi fokus pemeliharaan rutin yaitu *Disconnecting Switch* (DS) atau Pemisah (DS). DS berfungsi sebagai alat pemutus listrik tanpa beban yang memungkinkan isolasi bagian sistem untuk keperluan pemeliharaan atau perbaikan pada peralatan lainnya. Keandalan *Disconnecting Switch* sangat penting untuk menjamin keselamatan kerja serta memastikan sistem kelistrikan tetap berjalan dengan baik. Pemeliharaan *Disconnecting Switch* dilakukan secara berkala dan terjadwal (*Scheduled Maintenance*) baik harian, bulanan maupun 2 tahun sekali yang mencakup pengecekan kondisi fisik (audio dan visual), pengukuran temperatur suhu, pengecekan tahanan kontak, pembersihan isolator, pengukuran tahanan isolasi, serta pemeriksaan sistem pentanahan.

Kinerja *Disconnecting Switch* (DS) sangat bergantung pada pemeliharaan yang dilakukan secara rutin. Pemeliharaan ini penting untuk memastikan DS tetap berfungsi optimal dan siap digunakan kapan saja. Selain itu, pencatatan serta analisis data operasional juga diperlukan guna mendeteksi pola atau tren yang dapat memengaruhi kinerja *Disconnecting Switch*. Penting untuk dilakukan analisis terhadap hasil pengujian *Disconnecting Switch* pada *Bay Line* Tanah Lot 1 di Gardu Induk Kapal untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar. Standar acuan pemeliharaan yang digunakan adalah SK-DIR 520 tentang pemeliharaan peralatan primer Gardu Induk. Dengan pemeliharaan yang optimal dan kesesuaian dengan standar tersebut, potensi gangguan akibat kenaikan tahanan kontak dapat diminimalisir. Hal ini berdampak langsung terhadap keandalan sistem kelistrikan di gardu induk, sekaligus meningkatkan perlindungan peralatan dan keselamatan personel. Oleh karena itu, analisis pemeliharaan *Disconnecting Switch* menjadi faktor kunci dalam menjaga kelangsungan operasional sistem tenaga listrik di Gardu Induk Kapal.

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk pada penjelasan dalam latar belakang, sejumlah permasalahan dapat dirumuskan, di antaranya:

1. Apakah hasil pengujian dari pemeliharaan terjadwal *Disconnecting Switch Bay Line* Tanah Lot 1 Gardu Induk Kapal sudah sesuai dengan standar SK DIR 520?
2. Bagaimana pengaruh tahanan kontak *Disconnecting Switch Bay Line* Tanah Lot 1 Gardu Induk terhadap rugi daya di Gardu Induk Kapal?
3. Berapa besar rugi finansial yang dialami PLN akibat pengaruh nilai tahanan kontak *Disconnecting Switch Bay Line* Tanah Lot 1 di Gardu Induk Kapal?

1.3 Batasan Masalah

Guna membatasi ruang lingkup kajian dan mengarahkan fokus penelitian ini, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas hasil pengujian pemeliharaan terjadwal *Disconnecting Switch Bay Line* Tanah Lot 1 Gardu Induk Kapal. Penelitian ini tidak mencakup analisis hasil pengujian pemeliharaan pada peralatan lain.
2. Penelitian ini hanya membahas pengaruh tahanan kontak *Disconnecting Switch Bay Line* Tanah Lot 1 terhadap rugi daya di Gardu Induk Kapal. Penelitian ini

tidak mencakup analisis pengaruh tahanan kontak terhadap rugi daya pada peralatan lain.

3. Penelitian ini hanya membahas berapa besar rugi finansial yang dialami PLN akibat pengaruh nilai tahanan kontak *Disconnecting Switch Bay Line* Tanah Lot di Gardu Induk Kapal. Penelitian ini tidak mencakup analisis rugi finansial pada peralatan yang lain.

1.4 Tujuan

Melalui tugas akhir ini, penulis bermaksud untuk mencapai beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis hasil pengujian pemeliharaan terjadwal *Disconnecting Switch Bay Line* Tanah Lot 1 Gardu Induk Kapal apakah sudah sesuai dengan SK DIR 520.
2. Untuk menganalisis bagaimana pengaruh tahanan kontak *Disconnecting Switch* terhadap rugi daya di Gardu Induk Kapal.
3. Untuk menghitung besar rugi finansial yang dialami PLN akibat pengaruh nilai tahanan kontak *Disconnecting Switch* di Gardu Induk Kapal.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi PT PLN (Persero) UPT Bali
 - Membantu PT PLN (Persero) UPT Bali dalam memastikan bahwa sistem *Disconnecting Switch* di *Bay Line* Tanah Lot 1 berjalan optimal, guna meminimalkan potensi kecelakaan yang dapat terjadi.
 - Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi PT PLN (Persero) UPT Bali untuk memastikan bahwa semua sistem pemeliharaan mematuhi SK-DIR 520, sehingga menghindari sanksi atau masalah hukum.
2. Bagi Individu
 - Disusun dalam rangka memenuhi syarat kelulusan guna meraih gelar Diploma-III pada Politeknik Negeri Bali.
 - Mendapatkan pemahaman serta pengalaman yang lebih baik tentang standar keselamatan dan prosedur pemeliharaan yang benar melalui pemeliharaan dan pengujian sistem *Disconnecting Switch*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Mengacu pada hasil analisis dan pembahasan terhadap inspeksi sistem *Disconnecting Switch* (DS) pada Bay Line Tanah Lot 1 di Gardu Induk Kapal, beberapa kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian Pemeliharaan Terjadwal Sudah Sesuai SK-DIR 520

Seluruh parameter teknis hasil pengujian pemeliharaan terjadwal *Disconnecting Switch* telah memenuhi standar yang ditetapkan dalam SK-DIR 520, baik dari segi nilai tahanan isolasi, tahanan kontak, maupun tahanan *grounding*.

2. Pengaruh Tahanan Kontak Terhadap Rugi Daya

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, didapat bahwa semakin besar nilai tahanan kontak hasil pengujian pemeliharaan, maka semakin besar juga nilai rugi daya yang dihasilkan.

3. Rugi Finansial Relatif Kecil

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rugi daya akibat tahanan kontak menimbulkan kerugian energi listrik dengan dampak finansial sebagai berikut:

- Tahun 2023: Rp 121,78 – Rp 126,90 per fasa per bulan
- Tahun 2025: Rp 95,72 – Rp 112,73 per fasa per bulan

Nilai tersebut menunjukkan adanya kerugian finansial akibat rugi daya, meskipun relatif kecil. Namun demikian, hal ini tetap perlu diperhatikan agar efisiensi sistem kelistrikan tetap terjaga dan potensi kerugian jangka panjang dapat diminimalkan.

5.2 Saran

Sesuai dengan hasil yang telah diperoleh, penulis menyarankan beberapa hal berikut:

1. Melanjutkan Jadwal Pemeliharaan Secara Rutin

Pemeliharaan *Disconnecting Switch* harus tetap dilakukan secara terjadwal sesuai standar SK-DIR 520 untuk menjaga performa dan mencegah terjadinya gangguan yang lebih besar.

2. **Perlu Monitoring Nilai Tahanan *Grounding***

Meskipun masih dalam batas aman, peningkatan nilai tahanan *grounding* dari 0,2 Ω menjadi 0,5 Ω perlu diantisipasi dengan evaluasi berkala atau penambahan sistem pentanahan jika diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN(Persero), (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah (DS)*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [2] Abdul Multi, Hafizh Mubarak, Sugianto, (2022). *Analisis Hotspot Pada DS Gardu Induk 150 KV Rawadenok Depok Menggunakan Metode Thermovision* [Online]. Available: <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/sainstech/article/download/1449/950/>
- [3] Standard VDE, *Catalogue 228/4*. Available: <https://www.vde.com/en/working-areas/standards>
- [4] IEEE Std 80: 2013, *Guide for safety in ac substation – grounding*, 2013 [Online]. <https://standards.ieee.org/ieee/80/4089/>
- [5] Electricalisme, (2024). *Rugi-rugi daya dalam sistem tenaga listrik* [Online]. Available: <https://electricalisme.com/rugi-rugi-daya>
- [6] M. Arnata, A. Gonibala, S. Silimang, and L. S. Patras, (2021). *Analisis Pengujian Unjuk Kerja Pemisah (Disconnecting Switch) di Gardu Induk 150kV Otam* [Online]. Available: <https://repo.unsrat.ac.id/3976/>
- [7] Noer Soedjarwanto, M., Kenya Excellentia Kines, Saka Arif Aulia, (2023). *Analisis Tahanan Kontak Pada Pemisah (DS) 150kv Berdasarkan Hasil Pemeliharaan Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sutami* [Online]. Available: <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jtia/article/view/4821>
- [8] Theresia Shintauli Novalin, Rahmat Hidayat, (2021). *Analisis Pengujian Tahanan Kontak Disconnecting Switch atau PMS Terhadap Rugi Daya Penghantar di Gardu Induk Telukjambe* [Online] Available: <https://www.poltekstpaul.ac.id/jurnal/index.php/jelekn/article/download/355/245>
- [9] Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (2020). *Buku PUIL 2011*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral [Online]. Available: https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/d8197-buku-puil-2011.pdf
- [10] PT. PLN(Persero), (2014). *Buku Pedoman Trafo Tenaga*. Jakarta: PT. PLN (Persero).