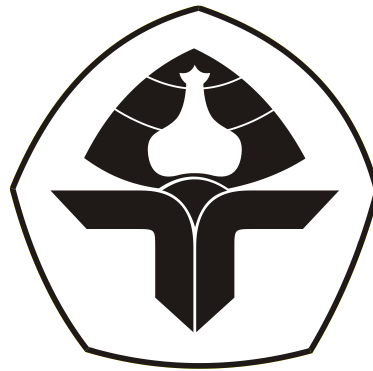


LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**ANALISIS PERBAIKAN ARUS BOCOR DAN TAHANAN ISOLASI DI
PENYULANG DEWA RUCI ULP KUTA BADUNG**



Oleh :

I WAYAN PUJA EKA PRATAMA

2215313038

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BALI

2025

ABSTRAK

I Wayan Puja Eka Pratama

ANALISIS PERBAIKAN ARUS BOCOR DAN TAHANAN ISOLASI DI PENYULANG DEWA RUCI ULP KUTA BADUNG

Penelitian ini menganalisis arus bocor dan tahanan isolasi pada Penyulang Dewa Ruci ULP Kuta Badung. Fokus kajian meliputi langkah perbaikan di lapangan, metode pengukuran pada kabel NA2XSEYBY $3 \times 240 \text{ mm}^2$, faktor penyebab penurunan isolasi serta pengaruhnya terhadap arus bocor, dan perhitungan rugi daya akibat impedansi. Pengukuran dilakukan dengan insulation tester (megger) dan DC test, sedangkan analisis dilengkapi dengan perhitungan resistansi penghantar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi salah satu fasa berada di bawah standar ($20 \text{ M}\Omega$), sehingga menimbulkan arus bocor di atas batas aman. Penurunan isolasi terbukti meningkatkan arus bocor yang berdampak pada rugi daya dan kerugian energi bagi PLN. Dengan demikian, pengujian berkala dan perbaikan sistematis sangat diperlukan untuk menjaga keandalan penyulang dan efisiensi distribusi.

Kata kunci: arus bocor, tahanan isolasi, kabel NA2XSEYBY, penyulang Dewa Ruci, rugi daya.

ABSTRACT

I Wayan Puja Eka Pratama

ANALYSIS OF LEAKAGE CURRENT AND INSULATION RESISTANCE IMPROVEMENT IN DEWA RUCI ULP KUTA BADUNG FEEDERS

This study analyzes leakage current and insulation resistance on the Dewa Ruci Feeder at ULP Kuta Badung. The focus includes field repair steps, measurement methods on NA2XSEYBY $3 \times 240 \text{ mm}^2$ cables, factors causing insulation degradation and their effect on leakage current, as well as power loss calculations due to impedance. Measurements were carried out using an insulation tester (megger) and DC test, while the analysis was complemented with conductor resistance calculations. The results show that the insulation resistance value of one phase was below the standard ($20 \text{ M}\Omega$), leading to leakage current above the safety limit. Insulation degradation was proven to increase leakage current, which contributes to power losses and energy losses for PLN. Therefore, periodic testing and systematic repairs are essential to maintain feeder reliability and distribution efficiency.

Keywords: leakage current, insulation resistance, NA2XSEYBY cable, Dewa Ruci feeder, power loss.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-4
1.3 Batasan Masalah.....	I-4
1.4 Tujuan.....	I-4
1.5 Manfaat	I-5
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1 Penelitian Terkait.....	II-1
2.2 Gardu Induk	II-5
2.3 Jaringan Distribusi	II-6
2.4 Recloser.....	II-8
2.5 Kabel NA2XSEYBY	II-10
2.5.1 Arus Bocor.....	II-13
2.5.2 Pengujian Kabel.....	II-14
2.5.3 Tahanan Isolasi.....	II-16
2.6 Rugi – rugi daya	II-17
2.7 Faktor Distribusi.....	II-23
BAB III METODOLOGI.....	III-1
3.1 Metodologi Penelitian	III-1
3.2 Sumber Data.....	III-2
3.3 Jenis Data	III-2
3.4 Teknik Pengambilan Data	III-3
3.5 Teknik Analisis Data	III-4
3.6 Waktu dan Tempat Penelitian.....	III-4
3.7 Pengolahan Data.....	III-4

3.8	Tahapan Penelitian	III-6
3.9	Hasil yang Diharapkan	III-7
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA.....		IV-1
4.1	Gambaran Umum Penyulang Dewa Ruci	IV-1
4.1.1.	Konstruksi dan Spesifikasi Teknis di Lokasi Penelitian	IV-2
4.1.2.	Karakteristik Operasional dan Sistem Proteksi	IV-2
4.1.3.	Peralatan Proteksi dan Switching	IV-3
4.1.4.	Gardu Distribusi.....	IV-3
4.1.5.	Permasalahan Teknis dan Gangguan	IV-3
4.1.5	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang Dewa Ruci	IV-5
4.1.6	<i>Load Profile</i> Penyulang Dewa Ruci	IV-6
4.2	Proses Perbaikan di <i>pole</i> 1 penyulang Dewa Ruci.....	IV-7
4.2.1	SOP Perbaikan Kabel Ketika Terjadi Gangguan	IV-8
4.2.2	Langkah – Langkah Perbaikan	IV-11
4.3	Pengujian Tahanan Isolasi dan Arus Bocor.....	IV-15
4.3.1	SOP Pengukuran Tahanan Isolasi	IV-17
4.3.2	Langkah – Langkah Pengukuran Tahanan Isolasi	IV-19
4.3.3	SOP Pengukuran Arus Bocor.....	IV-23
4.3.4	Langkah – langkah Pengukuran Arus Bocor	IV-26
4.4	Faktor Penyebab Penurunan Tahanan Isolasi dan Timbulnya Arus Bocor .	IV-29
4.4.1	Hasil pengukuran sebelum perbaikan	IV-29
4.4.2	Hasil Pengukuran Setelah Perbaikan	IV-31
4.4.3	Hasil Pengukuran Arus Bocor.....	IV-32
4.4.4	Alasan Pengujian Terbatas	IV-33
4.4.6	Pengaruh penurunan tahanan isolasi terhadap arus bocor	IV-36
4.5	Perhitungan Rugi – Rugi Daya	IV-37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1 Diagram satu garis sistem distribusi ^[16]	II-7
Gambar. 2.2 Recloser ^[17]	II-8
Gambar. 2.3 Kontruksi Kabel Tanam ^[18]	II-11
Gambar. 2.4 Proses terjadinya kerusakan ^[4]	II-13
Gambar. 2.5 Faktor distribusi beban ^[37]	II-24
Gambar. 4.1 Single Line Diagram Penyulang Dewa Ruci	IV-5
Gambar. 4.2 proses surging pada kabel dengan tegangan 10 kV.....	IV-12
Gambar. 4.3 Penggunaan alat digiphone	IV-13
Gambar. 4.4 proses penggalian di titik gangguan.....	IV-13
Gambar. 4.5 kabel telah terisi cairan resin.....	IV-14
Gambar. 4.6 proses pengukuran tahanan isolasi	IV-14
Gambar. 4.7 proses DC test	IV-15
Gambar. 4.8 kabel telah terpasang ke bushing kubikel TM.....	IV-15
Gambar. 4.9 Menghaturkan segehan sebelum pekerjaan dimulai	IV-20
Gambar. 4.10 memisahkan ujung kabel agar tidak berdekatan	IV-20
Gambar. 4.11 Pemasangan kabel sesuai urutannya	IV-21
Gambar. 4.12 memilih kabel sesuai urutannya	IV-22
Gambar. 4.13 pemasangan kabel sesuai urutannya.....	IV-22
Gambar. 4.14 penggulangan kabel kembali.....	IV-23
Gambar. 4.15 memisahkan ujung kabel agar tidak berdekatan	IV-26
Gambar. 4.16 pemasangan kabel L1 dengan phase R.....	IV-27
Gambar. 4.17 hasil DC test apabila gagal.....	IV-28
Gambar. 4.18 hasil DC test apabila sukses	IV-28
Gambar. 4.19 Hasil pengukuran tahanan isolasi.....	IV-30
Gambar. 4.20 Hasil Pengukuran Setelah Perbaikan	IV-31
Gambar. 4.21 Hasil Pengukuran Arus Bocor.....	IV-32
Gambar. 4.22 Titik Jointing terbakar	IV-34
Gambar. 4.23 Kabel tertusuk besi.....	IV-35
Gambar. 4.24 Grafik peningkatan pada tahanan isolasi.....	IV-36
Gambar. 4.25 Grafik penurunan nilai arus bocor.....	IV-36
Gambar. 4.26 SLD GH Kuta.....	IV-38

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1 Makna kode di kabel ^[18]	II-10
Tabel. 2.2 Kontruksi kabel NA2XSEYBY ^[18]	II-11
Tabel. 2.3 Spesifikasi listrik kabel NA2XSEYBY ^[18]	II-12
Tabel. 2.4 Resistansi kabel ketika arus AC ^{[26],[27]}	II-18
Tabel. 2.5 Tabel induktansi dan kapasitansi kabel ^[33]	II-20
Tabel. 4.1 Data aset milik ULP Kuta	IV-2
Tabel. 4.2 Data Gardu milik ULP Kuta	IV-3
Tabel. 4.3 Data arus gangguan yang terbaca.....	IV-16
Tabel. 4.4 Data hasil pengukuran sebelum perbaikan.....	IV-29
Tabel. 4.5 Data hasil pengukuran setelah perbaikan.....	IV-31
Tabel. 4.6 Resistansi,induktansi dan kapasitansi kabel	IV-38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Listrik merupakan kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari, baik di lingkungan rumah, sekolah, perkantoran, tempat ibadah, maupun fasilitas umum lainnya. Pengguna listrik berasal dari berbagai kalangan usia, mulai dari anak-anak hingga orang dewasa. Oleh karena itu, pemahaman mengenai penggunaan listrik yang aman dan efisien sangatlah penting. Tanpa pemahaman yang benar, penggunaan peralatan listrik secara sembarangan dapat meningkatkan risiko kecelakaan serta tagihan listrik yang tinggi. Selain itu, penggunaan listrik yang boros juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan[1].

Lokasi konsumen dengan pembangkit jauh, maka dibutuhkan jaringan distribusi. Penyulang merupakan sarana untuk pendistribusian tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen. Di mana kontinuitas pendistribusian tenaga listrik tersebut harus selalu dijaga. Namun pada kenyataannya, penyulang tersebut sering mengalami gangguan yang dapat disebabkan adanya kejadian secara acak dalam sistem yang dapat berupa terganggunya fungsi peralatan, kerusakan material, peningkatan beban dan lepasnya peralatan-peralatan yang tersambung ke sistem[2].

Karena listrik penting dibutuhkan sistem distribusi yang handal. Keandalan distribusi menggunakan kabel dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama kondisi kabel distribusi yang digunakan. Kabel berperan penting dalam menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik dari gardu induk hingga ke konsumen akhir. Jika terjadi gangguan pada kabel seperti gangguan mekanis, penurunan isolasi, atau kegagalan sambungan, maka akan menyebabkan pemutusan beban (outage) yang berdampak langsung pada keandalan sistem[3].

Syarat yang harus dipenuhi oleh kabel distribusi antara lain memiliki ketahanan isolasi yang baik, mampu menghantarkan arus sesuai kapasitas beban, tahan terhadap gangguan lingkungan, serta memenuhi standar nasional maupun internasional seperti SPLN dan IEC agar keandalan sistem distribusi tetap terjaga. Kabel juga harus memiliki

daya tahan mekanis yang memadai untuk mencegah kerusakan saat pemasangan maupun pengoperasian[3].

Penurunan kualitas isolasi pada instalasi kabel bawah tanah dapat menyebabkan terjadinya arus bocor yang tidak diinginkan. Arus bocor ini berpotensi mengalir keluar dari konduktor melalui bahan isolasi, sehingga menimbulkan gangguan pada sistem kelistrikan. Jika tidak segera terdeteksi, kondisi tersebut dapat membahayakan peralatan, menimbulkan risiko keselamatan seperti sengatan listrik, hingga menyebabkan kerusakan serius seperti hubung singkat dan kebakaran[4]. Permasalahan ini sering kali terjadi akibat faktor usia kabel, kondisi lingkungan, atau kerusakan mekanis yang menyebabkan degradasi isolasi. Standar yang ditetapkan oleh PLN mengatur batas aman arus bocor dan tahanan isolasi guna menjamin keamanan serta keandalan sistem kelistrikan. Menurut IEEE Std 43–2000, nilai minimum tahanan isolasi yang disarankan adalah $1 \text{ M}\Omega$ per 1.000 V tegangan kerja. Untuk sistem 20 kV , maka nilai minimum adalah $20 \text{ M}\Omega$. Nilai di bawah batas ini menunjukkan isolasi mulai menurun dan memerlukan pengujian lanjutan [5]. Sementara itu, menurut SPLN 43-10:1991, pengujian tahanan isolasi wajib dilakukan sebelum dan sesudah pemasangan kabel. Dalam praktik lapangan PLN, nilai $\geq 200 \text{ M}\Omega$ dianggap baik untuk kabel baru, dan $\geq 100 \text{ M}\Omega$ masih dapat diterima untuk kabel lama dengan pemantauan berkala[6]. . Batas maksimum arus bocor yang masih dianggap aman bagi tubuh manusia tanpa menimbulkan efek kejutan listrik adalah sebesar 1 miliampere . Nilai ini dijadikan acuan dalam evaluasi keselamatan kerja dan pengujian peralatan listrik tegangan menengah. Apabila nilai tahanan isolasi kabel mengalami penurunan atau arus bocor melebihi batas maksimum yang diizinkan, maka risiko terjadinya gangguan listrik seperti trip akan meningkat. Kondisi ini tidak hanya mengganggu kontinuitas pasokan tenaga listrik, tetapi juga dapat menurunkan efisiensi operasional serta membahayakan peralatan dan personel di lapangan. Oleh karena itu, pengujian komisioning dengan parameter tahanan isolasi dan arus bocor menjadi bagian penting dalam memastikan bahwa sistem distribusi listrik beroperasi dengan aman, handal, dan sesuai standar teknis yang berlaku[7]. Untuk menjaga keandalan dan keselamatan sistem distribusi, pengukuran tahanan isolasi pada kabel bawah tanah perlu dilakukan . Tujuannya adalah untuk mendeteksi adanya penurunan kualitas isolasi akibat usia atau kondisi lingkungan, yang berpotensi menimbulkan gangguan operasional. Melalui pengujian ini, kabel yang bermasalah dapat diidentifikasi dan ditangani sesuai standar kelayakan operasional[8].

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan dengan cara menggunakan alat insulation tester (megger), tahanan isolasi diukur dengan menghubungkan salah satu probe ke konduktor bertegangan (fasa) dan probe lainnya ke netral atau ground. Sebelum dilakukan pengukuran, semua peralatan listrik harus dipadamkan atau dilepas dari sumber tegangan untuk menghindari kerusakan akibat tegangan uji. Pengukuran dilakukan selama 0,5 hingga 1 menit atau sampai hasil dari megger stabil[9]. Peralatan yang digunakan dapat berupa insulation tester (megger), yaitu alat yang digunakan untuk mengukur nilai tahanan isolasi kabel bawah tanah dengan cara menghubungkan antara konduktor dan ground. Pengukuran dilakukan pada setiap fasa—R, S, dan T—terhadap tanah untuk menentukan kelayakan isolasi kabel berdasarkan standar yang berlaku. Megger memberikan tegangan uji sebesar 500 volt untuk memperoleh hasil dalam satuan megaohm (MΩ). Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar minimum untuk menilai apakah kabel masih layak digunakan atau perlu tindakan lebih lanjut[8].

Gangguan yang disebabkan oleh arus bocor dan penurunan tahanan isolasi ini teridentifikasi di *pole* 1 Penyulang Dewa Ruci, yang memasok daya ke berbagai pelanggan, termasuk perusahaan-perusahaan di sekitarnya. Dampaknya dapat berupa penurunan kualitas tegangan, gangguan operasional peralatan industri, hingga potensi kerugian akibat downtime listrik yang tidak terduga. Laporan mengenai gangguan ini pertama kali diterima dari petugas DCC (Distribution Control Center) yang mencatat adanya indikasi abnormal di jaringan distribusi penyulang Dewa Ruci, seperti lonjakan arus tanah dan trip yang dialami oleh peralatan proteksi. Berdasarkan temuan awal tersebut, dikarenakan ketika pengecekan secara visual tidak ditemukan adanya penyebab gangguan sehingga diperlukan tindak lanjut dilakukan pengukuran tahanan isolasi dan arus bocor untuk mengidentifikasi titik gangguan serta menentukan langkah perbaikan yang diperlukan guna memastikan keandalan sistem penyulang.

Dalam penelitian tugas akhir ini yang berjudul “ ANALISIS ARUS BOCOR DAN TAHANAN ISOLASI PENYULANG DEWA RUCI ULP KUTA BADUNG “ , dilakukan pengukuran tahanan isolasi dan arus bocor terhadap kabel tanam Penyulang Dewa Ruci untuk mengevaluasi kondisi isolasi serta mengidentifikasi kemungkinan titik gangguan. Pengujian dilakukan dengan metode pengukuran megger untuk mengetahui nilai tahanan isolasi serta analisis arus bocor guna menilai tingkat kebocoran arus yang terjadi. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah memperoleh data kuantitatif mengenai kualitas isolasi kabel, menentukan apakah nilai tahanan isolasi masih

memenuhi standar PUIL 2014, serta mengidentifikasi potensi penyebab gangguan. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan rekomendasi langkah perbaikan yang tepat untuk meningkatkan keandalan penyulang dan mencegah gangguan listrik di masa mendatang. Selain itu, untuk mengevaluasi dampak gangguan terhadap efisiensi distribusi secara menyeluruh, dilakukan juga analisis rugi-rugi daya pada seluruh penyulang berdasarkan resistansi dan reaktansi penghantar. Pendekatan ini memberikan gambaran berdasarkan hasil perhitungan teknis mengenai seberapa besar energi yang hilang akibat konduksi pada kabel distribusi Penyulang Dewa Ruci.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana langkah-langkah perbaikan yang dilakukan di penyulang Dewa Ruci ULP Kuta di Gardu Induk Pemecutan ?
2. Bagaimana cara mengukur arus bocor dan tahanan isolasi terhadap kabel NA2XSEYBY 3 x 240 mm² di penyulang Dewa Ruci ULP Kuta di Gardu Induk Pemecutan ?
3. Apa faktor yang menyebabkan penurunan tahanan isolasi dan arus bocor terhadap salah satu phase penghantar penyulang Dewa Ruci dan bagaimana pengaruh penurunan tahanan isolasi terhadap arus bocor ?
4. Berapa besar rugi-rugi daya yang dialami PLN dalam jaringan distribusi, khususnya di penyulang Dewa Ruci ?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilakukan di penyulang Dewa Ruci ULP Kuta Badung.
2. Penelitian ini dimulai dari tanggal 31 desember 2024 hingga 21 januari 2025.
3. Perhitungan rugi-rugi daya dengan memperhatikan besaran beban penyulang dan nilai resistansi di kabel yang mengalami gangguan.
4. Pengukuran hanya dikhususkan terhadap jenis penghantar yang digunakan di *pole* 1 yaitu tipe NA2XSEYBY 3 x 240 mm².

1.4 Tujuan

1. Untuk menguraikan langkah-langkah perbaikan yang dilakukan di penyulang Dewa Ruci hingga proses penormalan kembali.
2. Untuk menjelaskan SOP pengukuran arus bocor dan tahanan isolasi di penyulang Dewa Ruci ULP Kuta di Gardu Induk Pemecutan Kelod.

3. Untuk menganalisis faktor penyebab menurunnya tahanan isolasi terhadap salah satu phase dan pengaruh tahanan isolasi terhadap arus bocor di penyulang Dewa Ruci ULP Kuta di Gardu Induk Pemecutan Kelod.
4. Untuk menganalisis seberapa besar rugi-rugi daya yang dialami PLN akibat adanya arus bocor dalam jaringan distribusi, khususnya di penyulang Dewa Ruci.

1.5 Manfaat

1. Memberikan gambaran sistematis mengenai prosedur perbaikan dan penormalan penyulang Dewa Ruci.
2. Menyediakan panduan teknis pengukuran arus bocor dan tahanan isolasi di lapangan.
3. Mengidentifikasi penyebab penurunan isolasi dan dampaknya terhadap timbulnya arus bocor.
4. Mengetahui besarnya kerugian daya akibat arus bocor untuk efisiensi distribusi PLN.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan Tugas Akhir ini, sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan hal-hal mendasar yang menjadi latar belakang penelitian, menjelaskan perumusan masalah yang akan diteliti, batasan masalah agar penelitian lebih terfokus, tujuan yang ingin dicapai, manfaat penelitian baik secara akademis maupun praktis, serta sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan landasan teori dan kajian pustaka yang mendukung penelitian. Mencakup pembahasan tentang gardu induk, jaringan distribusi, recloser, jenis kabel NA2XSEYBY, konsep arus bocor, tahanan isolasi, rugi-rugi daya, serta penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar pembandingan dengan penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, baik pendekatan kuantitatif maupun kualitatif. Uraian mencakup jenis data (primer dan sekunder), sumber data, teknik pengumpulan data (studi literatur, wawancara, dan observasi),

teknik analisis data, lokasi dan waktu penelitian, serta tahapan penelitian yang disusun dalam bentuk diagram alir untuk menggambarkan proses penelitian secara sistematis.

BAB IV : PEMBAHASAN DAN ANALISA

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang telah dilakukan. Pembahasan mencakup gambaran umum penyulang Dewa Ruci, hasil pengukuran tahanan isolasi dan arus bocor, analisis penyebab penurunan kualitas isolasi, perhitungan rugi daya , serta evaluasi pengaruhnya terhadap keandalan sistem distribusi listrik. Pada bagian ini juga diberikan analisis perbandingan dengan standar teknis yang berlaku.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, yang merupakan jawaban atas rumusan masalah penelitian. Selain itu, bab ini juga memuat saran-saran yang dapat dijadikan masukan bagi pihak PLN maupun peneliti selanjutnya dalam rangka meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem distribusi tenaga listrik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dalam Bab IV dan untuk menjawab permasalahan yang timbul dalam penelitian ini, dapat diuraikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Langkah-langkah perbaikan yang dilakukan di penyulang Dewa Ruci ULP Kuta di Gardu Induk Pemecutan sebagai berikut : (a) Deteksi gangguan oleh DCC via proteksi/SCADA., (b) Manuver penyulang untuk batasi area padam., (c) Koordinasi dengan dispatcher dan tim Yantek jika perlu. (d) Persiapan tim dengan APD lengkap. (e) Menuju lokasi gangguan/switching. (f) Lepas T-Plug, lakukan pengukuran isolasi (megger). (g) Telusuri gangguan dengan ARM trace, surging, dan digiphone. (h) Laporkan hasil, buat work order & ajukan izin kerja. (i) Penggalan & perbaikan kabel rusak oleh mitra. (j) Uji kembali (megger + DC test 24 kV/5 menit). (k) Perbaiki jalan, pasang T-Plug & sambung kabel ke panel. (l) Nyalakan penyulang, pastikan fasa benar. (m) Dokumentasi lengkap semua proses & hasil pengujian.
2. Pengukuran arus bocor dan tahanan isolasi terhadap kabel NA2XSEYBY 3 x 240 mm² di penyulang Dewa Ruci ULP Kuta di Gardu Induk Pemecutan dilakukan dengan cara melakukan briefing (CBD) terlebih dahulu, kemudian menempatkan tim pada posisi sesuai rencana. Ujung kabel dipisahkan sejauh ± 15 cm, disambungkan ke sistem grounding, dan dihubungkan ke Unit Gangguan dan Deteksi Kabel sesuai urutan fasa (R, S, T, dan G). Setelah semua koneksi aman dan sistem terhubung ke sumber listrik 220–230 V, dilakukan pengukuran tahanan isolasi menggunakan megger 2.0 antar fasa dan grounding, lalu dilanjutkan pengujian arus bocor selama 5 menit dengan mode DC test dari 5 kV hingga 24 kV secara bertahap. Hasil pengujian didokumentasikan, sistem dimatikan dan kabel dilepas, kemudian pengawas berkoordinasi dengan dispatcher untuk memastikan bahwa sistem siap beroperasi kembali.
3. Faktor yang menyebabkan penurunan tahanan isolasi dan arus bocor terhadap salah satu phase penghantar penyulang Dewa Ruci yaitu yaitu usia kabel, kerusakan mekanis serta kondisi lingkungan yang lembap atau korosif dan

bagaimana pengaruh penurunan tahanan isolasi terhadap arus bocor terdiri atas : akibat dari menurunnya tahanan isolasi dapat menyebabkan meningkatnya nilai arus bocor yang dapat memicu sistem proteksi seperti Ground Fault Relay (GFR) bekerja dan menyebabkan pemutusan suplai listrik. Selain itu, arus bocor yang tinggi juga dapat menimbulkan gangguan berupa hubung singkat ke tanah, mempercepat kerusakan isolasi akibat pemanasan lokal pada titik lemah kabel. Kondisi ini juga membahayakan keselamatan kerja, terutama jika terjadi kontak antara kabel bocor dengan struktur logam atau tanah tanpa sistem grounding yang baik, sehingga dapat menimbulkan potensi sengatan listrik bagi petugas lapangan. yaitu usia kabel, kerusakan mekanis, kondisi lingkungan yang lembap atau korosif.

4. Rugi-rugi daya yang dialami PLN akibat impedansi dalam jaringan distribusi, khususnya di penyulang Dewa Ruci adalah sebesar 54.165,6 kVAh perbulan atau 649.987,2 kVAh pertahun.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut di atas, bersama ini dapat disampaikan saran-saran seperti diuraikan dibawah ini.

1. Kepada PLN Disarankan agar PLN melakukan pengujian tahanan isolasi dan arus bocor secara berkala, khususnya pada penyulang-penyulang yang telah berumur atau menunjukkan gejala penurunan performa. Selain itu, penting untuk memperbaiki sistem pemantauan dengan teknologi fault detection yang lebih akurat guna mempercepat identifikasi gangguan serta mencegah kerusakan lebih lanjut yang dapat menyebabkan padam meluas.
2. Kepada Peneliti Diharapkan penelitian selanjutnya dapat memperluas ruang lingkup dengan membandingkan hasil pengujian pada berbagai jenis kabel, umur instalasi, dan kondisi lingkungan berbeda. Selain itu, pengembangan metode prediktif berbasis data pengujian tahanan isolasi dan arus bocor juga sangat dianjurkan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi.
3. Kepada Pembaca Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan pembaca mengenai pentingnya pemeliharaan dan pengujian kabel distribusi dalam menjaga kontinuitas pasokan listrik. Pembaca juga diimbau untuk lebih memahami bahwa gangguan listrik tidak hanya berasal dari faktor eksternal,

tetapi juga dari penurunan kualitas komponen internal seperti isolasi kabel yang tidak terdeteksi tanpa pengujian rutin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Lindawati *et al.*, “Edukasi Budaya Hemat Listrik Bagi Pelajar Sekolah Dasar,” *J. Abdimas Indones.*, vol. 2, no. 3, pp. 409–414, 2022, doi: 10.53769/jai.v2i3.318.
- [2] Iham, “Analisis Indeks Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Kikim di Gardu Induk Sungau Juaro Menggunakan Metode Section Technique,” pp. 4–15, 2019, [Online]. Available: <http://repository.um-palembang.ac.id/id/eprint/5731>
- [3] M. Imran, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Wilayah Kota Lhokseumawe Di Pt. Pln (Persero) Rayon Kota Lhokseumawe,” *J. Energi Elektr.*, vol. 8, no. 1, p. 42, 2019, doi: 10.29103/jee.v8i1.2410.
- [4] B. Kusumo and A. R. Hakim, “Analisis Pendeteksian Dini Arus Bocor Kabel Power 20 KV pada Transformator 1 150/20 di GIS Gandaria,” *J. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 53–62, 2022.
- [5] D. Conley and R. Draper, “IEEE STANDARDS FOR ROTATING MACHINE INSULATION Materials Subcommittee of PES Electric Machinery Committee IEEE Std 43-2000 Machinery - Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating,” pp. 93–103, 2001.
- [6] P. P. (Persero), “SPLN 43-10:1991”, Dep. Pertamb. dan Energi Perusah. Umum List. Negara, vol. No. 172/DIR, p. 64, 1991, [Online]. Available: [URL SPLN 43-10:1991]
- [7] Parlaungan Simangunsong, “Prosedur Pekerjaan Saluran Kabel Tanam Tegangan Menengah 20 Kv (Sktm 20 Kv) Berbasis Keandalan Dan Keamanan,” *J. Ins. Prof.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [8] I. Kabel, B. Tanah, and D. I. Pt, “PENGARUH USIA KABEL TERHADAP PENURUNAN TAHANAN ISOLASI KABEL BAWAH TANAH TEGANGAN 6 kV DI PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK”.
- [9] Yusniati, Z. Pelawi, Armansyah, and Taufik Imam, “Pengukuran Resistansi Isolasi Instalasi Penerangan Basement Pada Gedung Rumah Sakit Grend Mitra Medika Medan,” *Bul. Utama Tek.*, vol. 16, no. 3, pp. 240–247, 2021.

- [10] M. Kaspuddin, C. Pangaribuan, and B. Sugeng, "STUDI PENGGUNAAN KABEL LISTRIK BAWAH TANAH JENIS N2XKFGbY 3 X 185 mm 0,6/1 Kv PT. JEMBO COMPANY INDONESIA Tbk," *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 5, no. 2, pp. 142–148, 2021, doi: 10.36277/jteuniba.v5i2.98.
- [11] N. Pasra, A. Makkulau, and M. H. Adnan, "Gangguan Yang Terjadi Pada Sistem Jointing Pada Saluran," *J. SUTET*, vol. 8, no. 1, pp. 1–12, 2018.
- [12] J. T. Manalu, S. M. Panggabean, J. Napitupulu, J. Sinaga, and J. Jumari, "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah 20 Kv Di Pt.Pln (Persero) Up3 Sibolga," *J. Teknol. Energi Uda J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 1, p. 15, 2023, doi: 10.46930/jteu.v12i1.2843.
- [13] Y. P. Istiyono, "ANALISA TEKNO EKONOMI PEMBANGUNAN GARDU INDUK 150kV TEROTOMASI UNTUK INDUSTRI," *Epic J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 3, no. 1, p. 97, 2020, doi: 10.32493/epic.v3i1.4902.
- [14] S. Imammah and M. I. Marzuki, "Implementasi Strategi Pemeliharaan Preventif untuk Mengoptimalkan Kinerja Disconnecting Switch Line dan Lightning Arrester pada Gardu Induk 150kV," *JSI J. Sist. Inf.*, vol. 15, no. 1, pp. 3060–3079, 2023, doi: 10.18495/jsi.v15i1.21450.
- [15] B. Ajar, M. Kuliah, and G. Induk, "Gardu Induk".
- [16] R. Syahputra, "Tenaga Listrik," *Transm. Dan Distrib. Tenaga List.*, no. LP3M UMY, Yogyakarta, pp. 249–256, 2016.
- [17] A. (Ario) Putra and F. (Firdaus) Firdaus, "Analisa Penggunaan Recloser untuk Pengaman Arus Lebih pada Jaringan Distribusi 20 Kv Gardu Induk Garuda Sakti," *J. Online Mhs. Fak. Tek. Univ. Riau*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2017, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/199744/>
- [18] K. Tanah, I. Tiga, D. Atau, and T. Perisai, "PERPUSTAI T A A,'," vol. 6, no. 135, 1995.
- [19] N. Iriani, I. Jondra, and I. Sunaya, "Safe and Secure Shaft to Support Robotic Hand on Live Line Operation," pp. 781–786, 2023, doi: 10.5220/0011880400003575.
- [20] I. W. Jondra, I. G. S. Widharma, and I. N. Sunaya, "Insulation resistance and

- breakdown voltage analysis for insulator cover type YSL-70AP,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1450, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1450/1/012040.
- [21] W. Jondra, I. Widharma, and N. Sunaya, “Performance Insulator Cover Type : YSL-70-AP Post Voltage Break Down Test,” *Log. J. Ranc. Bangun dan Teknol.*, vol. 20, no. 2, pp. 95–98, 2020, doi: 10.31940/logic.v20i2.1784.
- [22] P. Studi, P. Teknik, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Jakarta, *Skripsi Jhefi Anggriawan 5115092506 (1)*, vol. 20, no. 24. 2015.
- [23] adiatama pramestia, “Analisa Uji Kelayakan Tahanan Pentanahan Dan Tahanan Isolasi Pada Instalasi Listrik Pt Intan Pariwara Klaten,” *Publ. Ilm.*, 2022.
- [24] A. Muhtar, Iwan, Antarissubhi, and Suryani, “Analisis Rugi Daya Jaringan Distribusi Primer PT. PLN ULP Sengkang Sulawesi Selatan,” *Anal. Rugi Daya Jar. Distrib. Prim. PT. PLN ULP Sengkang Sulawesi Selatan*, vol. 33, no. 8.5.2017, pp. 1–85, 2022.
- [25] T. Juwariyah and Y. Djaja, “Analisa Resistivitas Kawat Penghantar Ditinjau Dari Metode Jembatan Wheatstone Dan Metode Hukum Ohm Pada Modul Praktikum Fisika,” *Bina Tek.*, vol. 12, no. 2, p. 239, 2017, doi: 10.54378/bt.v12i2.79.
- [26] Multi Kabel, “Product katalog Multi Kabel”, [Online]. Available: <https://multi-kabel.com/en/home/>
- [27] erni.ainy93, “Nfa2xsy T,” 2021, [Online]. Available: <https://id.scribd.com/document/523400145/NFA2XSY-T>
- [28] E. Z. Maulandari, “Analisis Hasil Pengukuran Impedansi Listrik dengan menggunakan Metode Injeksi Arus Tipe Floating dan Howland,” *SKRIPSI Oleh JERLINDA ZULI MAULANDARI*, vol. 76, pp. 3–4, 2018.
- [29] IEEE Industry Applications Society. and Power Systems Engineering Committee., *IEEE Std 141-1993*, vol. 1993. 1994.
- [30] R. Fauzi and I. Roza, “Pengaruh Harmonisa Pada Inverter di Pembangkit Tenaga Surya Terhadap Pembebanan The Effect of Harmonics on the Inverter in a Solar Power Plant on Loading,” *J. Electr. Syst. Control Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 16–24, 2023, doi: 10.31289/jesce.v6i2.9918.

- [31] Dickson kho, “Pengertian Reaktansi Kapasitif (Capacitive Reactance) dan Cara Menghitungnya.” [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-reaktansi-kapasitif-capacitive-reactance-rumus-cara-menghitungnya/>
- [32] Electronics Club, “Impedance and Reactance.” [Online]. Available: <https://electronicsclub.info/impedance.htm?>
- [33] PT. Kabelindo Murni Tbk, “Catalog Products,” *Chem. Eng. News Arch.*, [Online]. Available: <https://www.kabelindo.co.id/product-details.php>
- [34] S. Tejo and B. Winardi, “Perhitungan Dan Analisis Keseimbangan Beban Pada Sistem Distribusi 20 Kv Terhadap Rugi-Rugi Daya (Studi Kasus Pada Pt. Pln Upj Slawi),” *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 47–52, 2010, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi/article/view/3731>
- [35] A. Wahid, Junaidi, and M. Arsyad, “Analisis Kapasitas Dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik Di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura,” *J. Tek. Elektro UNTAN*, vol. 2, no. 1, p. 10, 2014.
- [36] B. M. R. S. Azka Azhari, “Analisis Rugi Rugi Daya Penyulang Adhiyaksa Makasar,” *J. Univ. Muhammadiyah Makasar*, vol. 23, pp. 1–80, 2017.
- [37] PT. PLN (Persero), “Buku 1 Kriteria Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik,” *PT PLN*, p. 170, 2010.
- [38] Sugiyono, *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. 2020.
- [39] N. Firdha, Damira, R. Fitri, G. H. Selaras, and I. G. N. Saputra, “Studi Literatur Tentang Peningkatan Kompetensi Belajar Peserta Didik Melalui Kegiatan Pembelajaran Kolaboratif Berbasis Lesson Study,” *Pros. SEMNAS BIO*, vol. 01, pp. 1005–1013, 2021.
- [40] Mudasir, *Wawancara dan Observasi*, no. July. 2024.
- [41] A. Heryana and U. E. Unggul, “Pengolahan Data Penelitian : Desain Riset Kuantitatif Dan Kualitatif,” no. July, 2024, doi: 10.13140/RG.2.2.18673.29280.
- [42] K. Sinaga, “Penerapan Standar Operasional Prosedur Dalam Mewujudkan Pekerjaan Yang Efektif Danefisien Pada Bidang Kepemudaan Di Dinas Pemuda Dan Olahraga Provinsi Sumatera Utara,” *J. Publik Reform*, vol. 11, no. 2, p. 4,