



Nurhedhi Desryanto^{1*}
 Made Aditya Sptra²
 Riyanto Saputro³
 Yenni Arnas⁴

ANALISIS PENYEBAB PENURUNAN TAHANAN ISOLASI RUNWAY EDGE LIGHT CIRCUIT 2 DENGAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DI BANDAR UDARA HUSEIN SASTRANEGARA BANDUNG

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh 5 lampu mati dan 2 lampu redup pada jaringan runway edge light circuit 2. Hasil pengukuran nilai tahanan isolasi pada jaringan runway edge light circuit 2 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung dengan panjang rangkaian 5799 meter, dengan hasil pengukuran menunjukkan 10,00 K Ω , jauh di bawah standar yang ditetapkan oleh PR 26 tahun 2022 dengan panjang 3000 sampai 6000 yaitu 50 M Ω . Penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor penyebab penurunan nilai tahanan isolasi dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA). Data diperoleh melalui observasi berupa pemeriksaan kondisi fisik dan pengukuran tahanan isolasi setiap sambungan sesuai pada standar yang ditetapkan, serta melalui wawancara. Data yang diperoleh, diolah menggunakan teknik triangulasi data dan triangulasi sumber untuk meningkatkan validitas kesimpulan. Hasil diagram FTA menunjukkan faktor penyebab penurunan tahanan isolasi adalah faktor lingkungan kotor disebabkan oleh sampah serta sarang semut dan jika bak trafo tidak tertutup dengan benar, air dapat masuk ke dalamnya, dapat menyebabkan lembap. Faktor usia pemasangan instalasi sudah terpasang 12 tahun dan faktor komponen berupa isolasi terkelupas disebabkan oleh gigitan semut, tekanan dan gesekan pada bak trafo, kesalahan penggunaan komponen seperti trafo seri bekas yang ditambah resin dan kabel FL2XCY yang menonjol ke permukaan.

Kata Kunci: Tahanan Isolasi, Fault Tree Analysis

Abstract

This research is motivated by 5 malfunctioning lights and 2 dim lights on the runway edge light circuit 2 network. Measurements of the insulation resistance on the circuit at Husein Sastranegara Airport, with a length of 5799 meters, showed 10.00 K Ω , significantly below the standard set by PR 26 of 2022, which requires 50 M Ω for circuits between 3000 and 6000 meters. The study aims to identify the factors causing the decrease in insulation resistance using the Fault Tree Analysis (FTA) method. Data was collected through physical inspections, insulation resistance measurements at each connection, and interviews. The data was processed using triangulation techniques to ensure validity. The FTA diagram results indicate that dirty environmental conditions, such as the presence of garbage and ant nests, contribute significantly to the reduction in insulation resistance. If the transformer enclosure is not properly sealed, water can enter and cause dampness, further decreasing insulation. Other factors include the installation's age, which has been in use for 12 years, and issues with components like peeling insulation caused by ant bites, pressure, and friction on the transformer body. The use of patched series transformers and exposed FL2XCY cables also contribute to declining insulation resistance.

Keywords: Insulation resistance, Fault Tree Analysis

PENDAHULUAN

Fasilitas sisi udara adalah area non-publik di bandara yang hanya dapat diakses melalui pemeriksaan keamanan atau izin khusus. Fasilitas ini meliputi landas pacu, runway strip,

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Listrik Bandara, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug
 email: : nurhedhi.desryanto@ppicurug.ac.id*, madeaditya2122@gmail.com, riyantosaputro@gmail.com, yenni.arnas@ppicurug.ac.id

Runway End Safety Area (RESA), stopway, clearway, taxiway, apron dan taman meteo untuk pengamatan cuaca. Fasilitas bervariasi tergantung ukuran, kapasitas, dan lokasi bandara. Beberapa bandara juga menyediakan fasilitas tambahan seperti hotel dan pusat perbelanjaan. Salah satu komponen utama di area ini adalah Airfield Lighting System (AFL) yang terdiri dari lampu khusus untuk membantu pendaratan, lepas landas dan taxi pesawat dengan memberikan isyarat visual kepada pilot melalui konfigurasi, warna dan intensitas cahaya.

Fasilitas AFL disuplai daya dari panel utama tegangan rendah atau melalui Constant Current Regulator (CCR). CCR merupakan sumber daya arus tetap yang digunakan untuk mensuplai peralatan AFL dengan berbagai tingkat intensitas pencahayaan (brightness), disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi di bandara. Di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung, terdapat menggunakan CCR dengan berkapasitas 15 kVa dan 7,5 kVa.

Pada Bandara Husein Sastranegara Bandung, catu daya jaringan instalasi runway edge light circuit 2 disuplai oleh CCR berkapasitas 15 kVA, yang digunakan untuk menyuplai daya sebanyak 56 buah lampu di landasan pacu. Instalasi tersebut mengalami kerusakan isolasi pada beberapa connector kit, yang disebabkan oleh gigitan semut dan tekanan atau benturan dari penutup bak trafo yang tidak terpasang dengan baik. Akibatnya, beberapa lampu menjadi mati dan redup. Kerusakan pada connector kit yang terjadi ini berdampak terhadap nilai tahanan isolasi keseluruhan.

Tahanan isolasi pada instalasi adalah salah satu unsur yang menentukan kualitas instalasi yang digunakan, fungsi utama dari isolasi tersebut adalah sebagai pengamanan pada instalasi listrik (Yusniati & Armansyah, 2021). Tahanan isolasi merujuk pada resistansi atau hambatan listrik yang dimiliki oleh bahan isolasi, seperti karet. Semakin tinggi nilai tahanan isolasi, maka semakin baik dalam mengisolasi komponen atau sirkuit dari lingkungan sekitar. Kualitas nilai Tahanan isolasi pada jaringan AFL di bandara memiliki fungsi utama dalam menjaga keselamatan dan keandalan operasional penerbangan di bandara.

Rangkaian instalasi jaringan runway edge light circuit 2 di Bandara Husein Sastranegara Bandung memiliki panjang 5.800 meter. Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 26 Tahun 2022, standar minimum nilai tahanan isolasi untuk jaringan dengan panjang antara 3.000 hingga 6.000 meter adalah minimal 40 M Ω . Namun, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi untuk runway edge light circuit 2 hanya sebesar 10,00 K Ω , yang jauh di bawah standar minimum 40 M Ω . Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi tahanan isolasi sudah tidak memenuhi standar yang berlaku.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap komponen instalasi jaringan dan pengukuran tahanan isolasi pada seluruh titik sambungan atau komponen jaringan pada rangkaian instalasi runway edge light circuit 2 di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan penurunan tahanan isolasi. Selain itu, analisis menyeluruh terhadap jaringan instalasi runway edge light circuit 2 juga dilakukan untuk mengetahui kondisi instalasi saat ini. Hal ini bertujuan agar fasilitas AFL tetap terjaga dan dapat beroperasi dengan baik dan benar sesuai dengan standar aturan yang berlaku, demi menjaga keselamatan dan keamanan penerbangan.

METODE

Penulis menggunakan teknik pengumpulan data kualitatif yang dianalisis dengan menerapkan triangulasi data, yang bertujuan untuk meningkatkan validitas dan keandalan data melalui penggabungan berbagai sumber, metode, atau perspektif. Selain itu, digunakan juga metode Fault Tree Analysis (FTA) untuk mengidentifikasi penyebab utama dari berbagai kejadian yang dapat mengarah pada kegagalan, sehingga memudahkan peneliti dalam memahami faktor-faktor penyebab secara lebih mendalam dan terstruktur. Berikut ini adalah tahapan-tahapan dalam penerapan metode yang digunakan dalam penelitian:

A. Observasi

Data diambil melalui observasi yang difokuskan pada dua aspek dari jaringan instalasi runway edge light circuit 2 di Bandara Husein Sastranegara, Bandung. Dua teknik observasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan kondisi fisik jaringan instalasi dilakukan pada setiap bak trafo dengan memeriksa komponen instalasi, yang meliputi kabel primer, trafo seri, konektor kit,

dan two-pole plug, sesuai dengan lembar pemeriksaan kondisi fisik yang telah disiapkan.

Tabel 1. Lembar Observasi Pemeriksaan Fisik pada Bak Trafo

No	Foto Kondisi Bak Trafo	Permasalahan	Hasil
		Kotor	
		Lembap	
		Isolasi Terkelupas	
		Kesalahan Penggunaan Komponen	

2. Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada setiap titik pengukuran yang telah ditentukan berdasarkan jaringan instalasi. Pengukuran dilakukan melalui empat tahap, di mana setiap tahap pengukuran dilakukan pada objek yang berbeda dari komponen instalasi tersebut, Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat insulation tester merek Megger MIT1025 untuk mendapatkan data yang diinginkan dengan tingkat presisi yang tinggi..

B. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan teknisi, supervisor, dan asisten manajer teknik listrik di Bandara Husein Sastranegara Bandung dengan pertanyaan yang sudah ditentukan sebelumnya. Teknik pengambilan data ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih jelas dan mendalam mengenai objek penelitian.

C. Triangulasi Data

Proses ini bertujuan untuk memastikan validitas data yang diperoleh melalui teknik pengumpulan data, yaitu observasi dan wawancara. Pada analisis triangulasi data, data hasil observasi dibandingkan dengan data dari pemeriksaan kondisi fisik komponen instalasi pada setiap bak trafo dengan data hasil pengukuran tahanan isolasi pada setiap sambungan. Sedangkan triangulasi data hasil wawancara dilakukan dengan membandingkan atau menggabungkan jawaban dari beberapa narasumber yang berbeda. Kedua jenis triangulasi ini menggunakan pendekatan triangulasi teknik. Setelah memperoleh data dari triangulasi observasi dan wawancara, kedua hasil triangulasi tersebut kemudian dibandingkan kembali untuk mendapatkan kesimpulan yang lebih akurat. Proses ini melibatkan triangulasi sumber, yang membandingkan data dari berbagai sumber pengambilan data yang telah dilakukan.

D. Fault Tree Analysis (FTA)

Digunakan untuk menganalisis penyebab penurunan tahanan isolasi pada jaringan instalasi runway edge light circuit 2 di Bandara Husein Sastranegara, Bandung. Metode ini menyajikan faktor-faktor penyebab secara sistematis dalam bentuk diagram pohon, yang memetakan hubungan sebab-akibat untuk mengidentifikasi akar permasalahan (Hariadi & Hafid, 2023). FTA memungkinkan analisis mendalam terhadap berbagai faktor yang berkontribusi pada kegagalan sistem, sehingga dapat membantu menemukan penyebab utama penurunan tahanan isolasi dan merumuskan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi pada jaringan runway edge light circuit 2 dengan panjang 6000 meter, didapatkan nilai sebesar 10,00 KΩ, yang jauh di bawah standar minimum 40 MΩ sesuai dengan PR 26 Tahun 2022 untuk rangkaian dengan panjang 3000 hingga 6000 meter. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan tersebut tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Penurunan nilai ini memerlukan analisis lebih lanjut guna mengidentifikasi penyebabnya melalui pengumpulan data di lapangan. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi kondisi komponen instalasi pada 46 bak trafo serta pengukuran tahanan isolasi, mengingat kabel telah terpasang sejak 2012. Sebelum pengambilan data, penting untuk memastikan lokasi setiap bak trafo pada runway edge light circuit 2 dengan merujuk pada

diagram kelistrikan jaringan instalasi, guna menghindari kesalahan dalam pengukuran dan memastikan hasil yang akurat. Selain itu, aspek keselamatan harus diperhatikan selama proses pengukuran di lapangan.

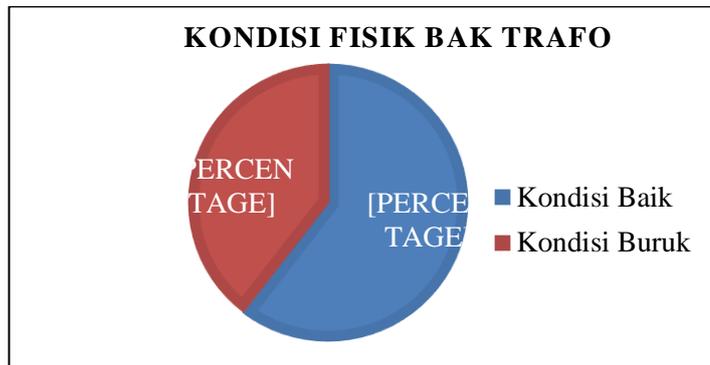
A. Hasil Observasi

Pengambilan data secara observasi dilakukan melalui dua tahap yang digunakan. Pertama, dilakukan pemeriksaan kondisi setiap bak trafo dan kedua, dilakukan pemeriksaan nilai tahanan isolasi. Berikut adalah hasil pengambilan data secara observasi di bawah ini.

1. Pemeriksaan Kondisi Fisik Komponen pada Bak Trafo

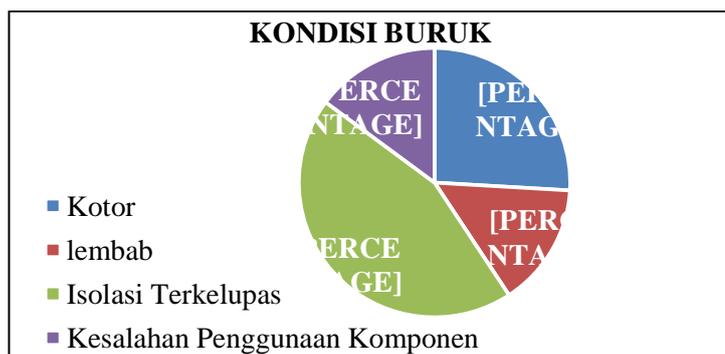
Pada tahap pertama, dilakukan observasi langsung di lapangan untuk memeriksa kondisi bak trafo dan komponen di dalamnya, termasuk trafo seri, konektor kit, two pole plug, dan kabel primer. Hasil pemeriksaan dicatat dan didokumentasikan untuk menarik kesimpulan. Peneliti mengidentifikasi faktor-faktor penyebab buruknya kondisi berdasarkan lembar observasi, yang meliputi faktor lingkungan (kelembapan dan kebersihan) serta faktor komponen (isolasi terkelupas dan kesalahan penggunaan komponen). Jika hasil pemeriksaan menunjukkan adanya faktor-faktor tersebut, maka kondisi bak trafo dapat dianggap buruk.

Berdasarkan pemeriksaan terhadap sebanyak 46 bak trafo pada jaringan runway edge light circuit 2, ditemukan bahwa 40% atau sebanyak 19 bak berada dalam kondisi buruk, sementara 60% atau 27 bak lainnya berada dalam kondisi baik. Kondisi buruk pada 19 bak trafo tersebut disebabkan oleh satu atau lebih faktor permasalahan yang berhasil diidentifikasi dan dicatat pada lembar pemeriksaan kondisi fisik bak trafo. Hasil pemeriksaan jaringan tersebut, disajikan dalam bentuk diagram lingkaran, yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 1. Kondisi Fisik Bak Trafo Keseluruhan

Berdasarkan hasil pemeriksaan, ditemukan kondisi bak trafo yang buruk akibat beberapa faktor yang teridentifikasi di lapangan. Untuk lebih jelasnya, diagram mengenai hasil pemeriksaan kondisi bak trafo yang buruk dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Kondisi Bak Trafo Buruk

Berdasarkan gambar di atas, dijelaskan bahwa 26% bak trafo kondisi kotor sebanyak 7 bak trafo, 15% kondisi lembap sebanyak 4 bak trafo, 44% isolasi terkelupas sebanyak 12 bak trafo dan 15% kesalahan penggunaan komponen sebanyak 4 bak trafo. Faktor-faktor permasalahan tersebut diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu faktor lingkungan yang disebabkan oleh kondisi kotor dan lembap, serta faktor komponen yang disebabkan oleh isolasi yang terkelupas dan kesalahan penggunaan komponen.

2. Pengukuran Tahanan Isolasi

Tahap kedua pengambilan data dilakukan dengan mengukur nilai tahanan isolasi pada jaringan instalasi runway edge light circuit 2. Pengukuran dilakukan secara terstruktur dalam empat tahap di satu titik dan hasilnya dibandingkan dengan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 26 Tahun 2022, yang menetapkan tahanan isolasi minimum 50 MΩ untuk jaringan dengan panjang kurang dari 3000 meter. Jika tahanan isolasi di bawah standar tersebut, kondisi jaringan dianggap kurang baik. Peneliti kemudian melakukan pemerinkatan terhadap hasil pengukuran, yang disusun dalam bentuk tabel, dapat dilihat di bawah ini.

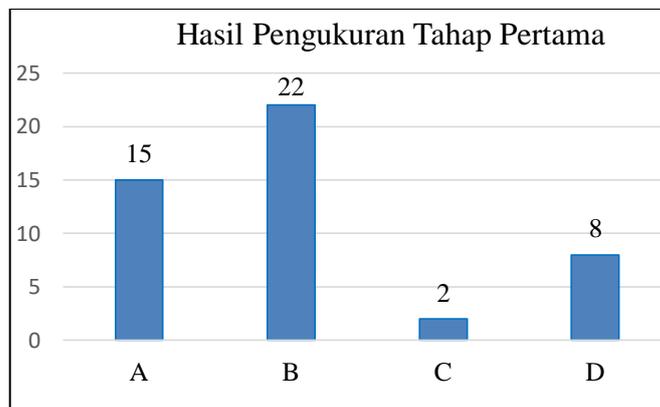
Tabel 2. Pemerinkatan Hasil Pengukuran

Hasil Pengukuran (Ohm)	Predikat	Keterangan
1000 MΩ atau lebih	A	Sangat Baik
50 MΩ - 1000 MΩ	B	Baik
1000 KΩ - 50 MΩ	C	Kurang
1000 KΩ atau kurang	D	Sangat Kurang

Tahanan isolasi yang di bawah standar 50 MΩ, ditunjukkan dengan predikat C (kurang) dan D (sangat kurang). Sementara itu, tahanan isolasi yang baik ditunjukkan dengan predikat A (sangat baik) dan B (baik). Pemerinkatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi instalasi secara lebih jelas dan menetapkan prioritas tindakan perbaikan yang diperlukan.

a. Pengukuran Tahap Pertama

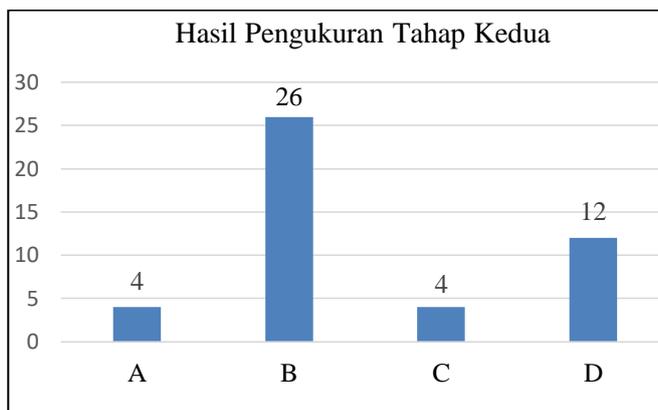
Pada tahap pertama pengukuran, tahanan isolasi diukur pada kabel FL2XCY. Prosedur ini melibatkan pelepasan konektor kit yang terhubung ke trafo seri di titik awal pengukuran serta konektor kit di lampu berikutnya. Setelah itu, dilakukan pengukuran pada titik awal kabel menggunakan insulation tester. Langkah ini penting untuk memastikan pengukuran yang akurat, sehingga hasilnya dapat menilai kondisi isolasi kabel dengan tepat. Berikut adalah hasil pengukuran yang telah dilakukan pada tahap pertama, disajikan dalam bentuk diagram di bawah ini.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Tahap Pertama

b. Pengukuran Tahap Kedua

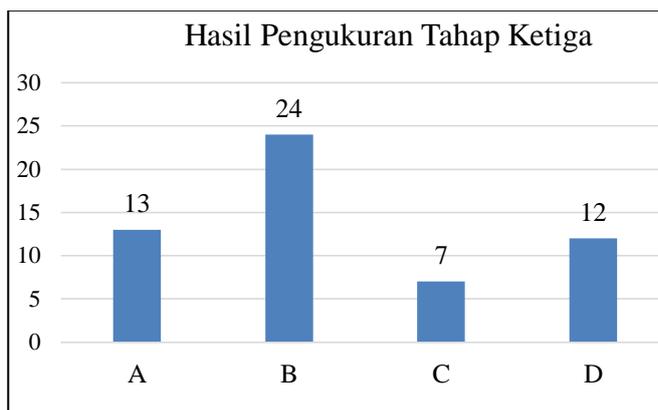
Pada pengukuran tahap kedua, dilakukan pengujian kualitas isolasi pada sambungan atau konektor kit yang menghubungkan kabel FL2XCY dengan trafo seri. Pengukuran ini bertujuan memastikan isolasi berfungsi baik dalam berbagai kondisi operasional. Prosedur dimulai dengan menyambungkan kabel FL2XCY ke trafo seri yang diukur, kemudian melepas konektor kit pada trafo seri yang terhubung ke kabel FL2XCY menuju lampu berikutnya. Berikut adalah hasil dari pengukuran yang telah dilakukan pada tahap kedua, yang disajikan dalam bentuk diagram yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 4. Hasil Pengukuran Tahap Kedua

c. Pengukuran Tahap Ketiga

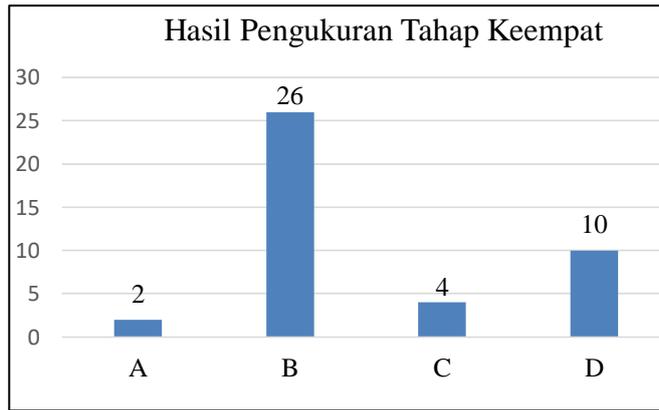
Pada tahap ketiga pengukuran, dilakukan pengujian terhadap satu trafo seri. Selain pemeriksaan fisik, penting juga untuk mengukur tahanan isolasi guna mengetahui kualitas isolasi trafo. Pemeriksaan fisik saja tidak cukup untuk memastikan kondisi internal trafo. Oleh karena itu, pengukuran tahanan isolasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran lebih mendalam tentang kondisi trafo. Hasil pengukuran dari tahap ketiga disajikan dalam bentuk gambar diagram dibawah ini.



Gambar 5. Hasil Pengukuran Tahap Ketiga

d. Pengukuran Tahap Keempat

Pada pengukuran tahap keempat, dilakukan pengujian terhadap sambungan atau konektor kit. Prosedur pengukuran dimulai dengan melepas konektor kit di awal kabel yang akan diukur, sementara kabel FL2XCY pertama dan kedua tetap terhubung dengan titik pengukuran pada trafo seri. Selanjutnya, konektor kit pada kabel FL2XCY kedua yang terhubung dengan trafo seri pada lampu berikutnya dilepas. Hasil pengukuran tersebut disajikan dalam bentuk diagram batang.



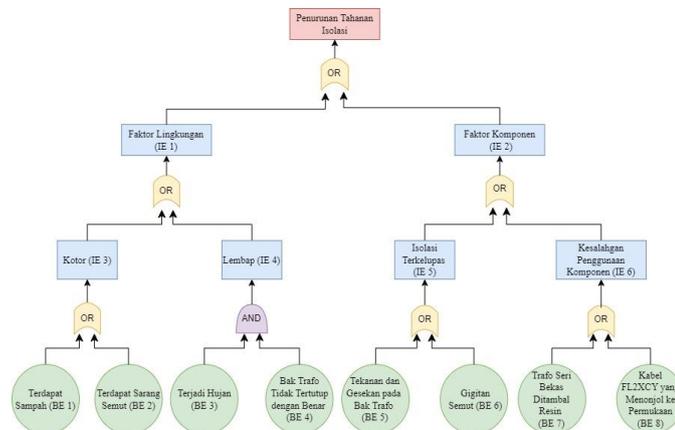
Gambar 6. Hasil Pengukuran Tahap Keempat

3. Triangulasi Hasil Observasi

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan melalui dua tahap, ditemukan 27 bak trafo dalam kondisi baik, sementara 19 bak trafo berada dalam kondisi buruk. Penyebab buruknya kondisi bak trafo tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yang telah diidentifikasi, yang turut memengaruhi hasil pengukuran tahanan isolasi. Berikut ini disajikan hasil triangulasi observasi.

- Faktor Lingkungan**
 Kondisi buruk pada 7 bak trafo disebabkan oleh faktor lingkungan yang kotor, di mana 4 bak trafo terdapat sarang semut, serta 3 bak trafo terkontaminasi sampah dari luar dan 4 bak trafo lainnya lembap. Sehingga hasil pengukuran tahanan isolasi menunjukkan hasil dengan predikat C (kurang) dan D (sangat kurang), di bawah standar 50 MΩ.
- Faktor Komponen**
 Kondisi buruknya bak trafo disebabkan oleh kelayakan bahan dan pemasangan komponen yang terpasang. Sebanyak 12 bak trafo ditemukan mengalami isolasi yang terkelupas, dan 4 di antaranya terdapat kesalahan penggunaan komponen. Dari 4 bak trafo tersebut, 2 menggunakan trafo seri bekas yang telah diperbaiki dengan resin, sementara 2 lainnya memiliki kabel FL2XCY yang menonjol ke permukaan. Akibatnya, pengukuran tahanan isolasi menunjukkan hasil dengan predikat C (kurang) dan D (sangat kurang), yang berada di bawah standar 50 MΩ.

4. Fault Tree Analysis (FTA) Observasi



Gambar 7. FTA Triangulasi Hasil Observasi

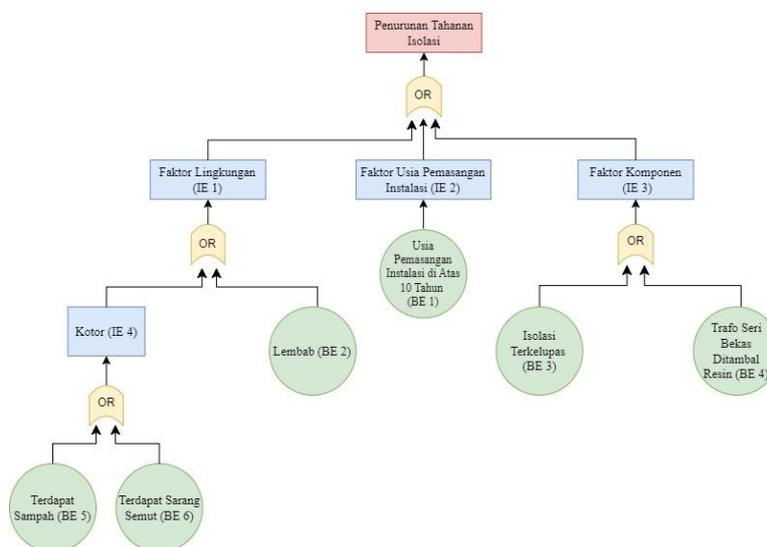
B. Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan kepada tiga narasumber, yaitu teknisi, supervisor, dan asisten manajer teknik listrik di Bandara Husein Sastranegara Bandung. Pertanyaan yang diajukan berkaitan dengan jaringan instalasi runway edge light circuit 2. Dari hasil

wawancara dengan ketiga narasumber, ditemukan berbagai pendapat yang berbeda. Untuk menyatukan pendapat tersebut, penulis melakukan triangulasi data. Berikut adalah hasil triangulasi dari wawancara tersebut.

- a. Faktor usia jaringan instalasi runway edge light circuit 2 yang telah terpasang selama 12 tahun (pemasangan pada tahun 2012) dapat mempengaruhi penurunan tahanan isolasi. Penggunaan yang lama dan terus-menerus menyebabkan komponen menjadi panas akibat arus listrik, dan usia material yang sudah tua berkontribusi terhadap penurunan tahanan isolasi pada komponen jaringan instalasi.
- b. Faktor lingkungan sekitar komponen instalasi yang buruk dapat mempengaruhi penurunan nilai tahanan isolasi. Hal ini sering terlihat di lapangan, seperti sampah dari luar yang masuk ke dalam bak trafo, keberadaan sarang hewan seperti semut, dan kondisi lembap akibat hujan. Semua faktor ini dapat merusak komponen instalasi di dalamnya, sehingga dapat mempengaruhi nilai tahanan isolasi
- c. Faktor kerusakan komponen yang sering ditemukan di lapangan meliputi isolasi yang terkelupas, penggunaan trafo seri bekas yang ditambah dengan resin akibat kekurangan suku cadang, dan kesalahan dalam pemasangan kabel FL2XCY. Komponen yang rentan terhadap kerusakan isolasi, seperti trafo seri dan konektor kit, berkontribusi terhadap penurunan nilai tahanan isolasi.

1. Fault Tree Analysis (FTA) Wawancara



Gambar 8. FTA Triangulasi Hasil Wawancara

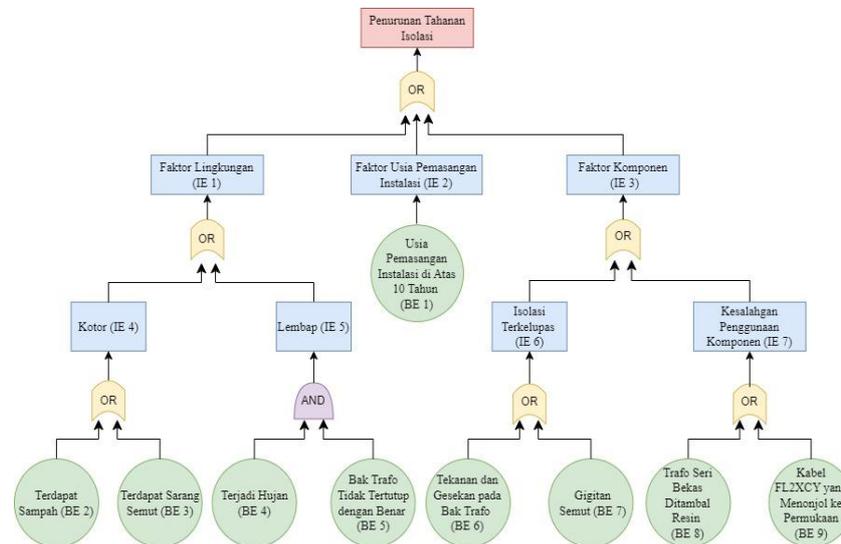
C. Triangulasi Hasil Wawancara dan observasi

Setelah pengambilan data melalui wawancara dan observasi, langkah selanjutnya adalah melakukan triangulasi sumber untuk membandingkan dan mengevaluasi kedua data tersebut. Proses ini melibatkan perbandingan antara data observasi dan wawancara sesuai fokus penelitian. Tujuannya adalah memastikan konsistensi dan keakuratan data, sehingga kesimpulan yang diambil lebih valid dan dapat diandalkan.

- a. Usia instalasi yang telah terpasang tersebut atau masa pakai (lifetime), tidak dapat diidentifikasi secara langsung melalui observasi di lapangan, seperti pemeriksaan fisik dan pengukuran tahanan isolasi, tetapi terlihat dari hasil pengukuran yang menunjukkan bahwa mayoritas nilai tahanan isolasi mengalami penurunan. Namun ditemukan ketika wawancara karena informasi tersebut biasanya diketahui oleh pihak yang memasang atau memelihara instalasi. Disimpulkan bahwa usia pemasangan instalasi berpengaruh terhadap penurunan nilai tahanan isolasi.
- b. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, dinyatakan bahwa faktor lingkungan yang buruk menunjukkan bahwa mayoritas hasil pengukuran tahanan isolasi berada di bawah standar. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa faktor lingkungan juga dapat mempengaruhi penurunan nilai tahanan isolasi.

- c. Berdasarkan faktor komponen instalasi yang terpasang, yang terlihat dari data yang diperoleh melalui observasi dan wawancara, diketahui terdapat kondisi komponen yang buruk dan pemasangan yang tidak sesuai atau salah dapat menyebabkan penurunan nilai tahanan isolasi. Hal ini terlihat dari hasil pengukuran yang menunjukkan berada di bawah standar. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa faktor komponen dapat mempengaruhi penurunan nilai tahanan isolasi.

D. Hasil Akhir Fault Tree Analysis (FTA)



Gambar 9. Hasil Akhir Diagram FTA

Dari gambar diagram FTA di atas, berikut adalah penjelasan mengenai notasi dasar peristiwa yang ditemukan, yaitu sebagai berikut:

1. **Top Event (Kejadian Utama)**
 - **Top Event (TE)** : penurunan nilai tahanan isolasi pada jaringan runway edge light circuit 2 di Bandara Husein Sastranegara Bandung.
2. **Intermediate Events (Kejadian Menengah)**
 - **Intermediate Event 1** : Faktor lingkungan
 - **Intermediate Event 2** : Faktor usia pemasangan instalasi
 - **Intermediate Event 3** : Faktor komponen
 - **Intermediate Event 4** : Kotor
 - **Intermediate Event 5** : Lembab
 - **Intermediate Event 6** : Isolasi terkelupas
 - **Intermediate Event 7** : Kesalahan penggunaan komponen
3. **Basic Events (Kejadian Dasar)**
 - **Basic Event 1** : Usia pemasangan instalasi di atas 10 tahun
 - **Basic Event 2** : Terdapat sampah
 - **Basic Event 3** : Terdapat sarang semut
 - **Basic Event 4** : Terjadi hujan
 - **Basic Event 5** : Bak trafo tidak tertutup dengan benar
 - **Basic Event 6** : Tekanan dan gesekan pada bak trafo
 - **Basic Event 7** : Gigitan semut
 - **Basic Event 8** : Trafo bekas di tambal resin
 - **Basic Event 9** : Kabel FL2XCY menonjol ke permukaan

Berikut penjelasan mengenai hubungan antara notasi dasar dan gerbang logika yang digunakan berdasarkan gambar diagram di atas. Penjelasan ini disusun agar mudah

dipahami dan meliputi rincian mengenai fungsi masing-masing gerbang logika dalam konteks diagram tersebut. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut:

- a. **Top Event : Penurunan tahanan isolasi**
OR Gate
 Disebabkan oleh Intermediate Event 1 : Faktor lingkungan, Intermediate Event 2 : Faktor usia jaringan pemasangan instalasi, ataupun Intermediate Event 3 : Faktor komponen
- b. **Intermediate Events 1 : Faktor lingkungan**
OR Gate
 Disebabkan oleh Intermediate Event 4 : Kotor ataupun Intermediate Event 5 : Lembap
- c. **Intermediate Event 2 : Faktor usia pemasangan instalasi**
 Basic Event 1 : Usia pemasangan instalasi sudah di atas 10 tahun.
- d. **Intermediate Event 3: Faktor komponen**
OR Gate
 Disebabkan oleh Intermediate Event 6 : Isolasi terkelupas ataupun Intermediate Event 7 : Kesalahan penggunaan komponen
- e. **Intermediate Event 4 : Kotor**
OR Gate
 Disebabkan oleh Basic Events 2 : Terdapat sampah ataupun Basic Event 3 : Terdapat semu
- f. **Intermediate Event 5 : Lembap**
AND Gate
 Disebabkan oleh Basic Events 4 : Terjadi hujan dan Basic Event 5 : Bak trafo tidak tertutup dengan benar
- g. **Intermediate Event 6 : Isolasi terkelupas**
OR Gate
 Disebabkan oleh Basic Events 6 : Tekanan dan gesekan pada bak trafo ataupun Basic Event 7 : Gigitan semut
- h. **Intermediate Event 7 : Kesalahan penggunaan komponen**
OR Gate
 Disebabkan oleh Basic Events 8: Trafo seri bekas yang ditambal resin ataupun Basic Event 9 : Kabel FL2XCY yang menonjol ke permukaan

Penjelasan:

- a. Cut Set 1 : Usia pemasangan instalasi yang telah melebihi 10 tahun, usia pemasangan instalasi tersebut dapat menyebabkan penurunan nilai tahanan isolasi
- b. Cut Set 2 : Jika terdapat sampah, menandakan bahwa kotornya lingkungan sekitar komponen instalasi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan tahanan isolasi
- c. Cut Set 3 : Jika terdapat sarang semut, ini menandakan kotornya lingkungan sekitar komponen instalasi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan tahanan isolasi
- d. Cut Set 4 : Jika bak trafo tidak ditutup dengan benar dan saat itu terjadi hujan sehingga air masuk ke dalam bak trafo, sehingga lingkungan di dalam bak trafo menjadi lembap. Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan tahanan isolasi
- e. Cut Set 5: Jika terdapat isolasi yang terkelupas, ini dapat menyebabkan komponen menjadi rusak, sehingga dapat menyebabkan terjadinya penurunan tahanan isolasi
- f. Cut Set 6: Jika terdapat penggunaan trafo bekas yang diresin, merupakan suatu kesalahan dalam penggunaan komponen instalasi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan nilai tahanan isolasi
- g. Cut Set 7: Jika terdapat kabel FL2XCY yang menonjol ke permukaan, merupakan kesalahan dalam pemasangan komponen instalasi, sehingga dapat berpengaruh terhadap penurunan nilai tahanan isolasi.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan pada jaringan instalasi runway edge light circuit 2 di

Bandara Husein Sastranegara Bandung, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, ditemukan bahwa 40% dari keseluruhan bak trafo berada dalam kondisi buruk, yaitu sebanyak 19 bak trafo. Buruknya kondisi bak trafo tersebut disebabkan oleh berbagai faktor permasalahan yang ditemukan, yang mengakibatkan hasil pengukuran tahanan isolasi menunjukkan nilai di bawah standar. Sementara itu, 60% lainnya berada dalam kondisi baik, yaitu sebanyak 27 bak trafo, dengan hasil pengukuran tahanan isolasi yang menunjukkan nilai di atas standar minimum, sesuai dengan PR 26 Tahun 2022, yaitu 50 MΩ.
2. Kondisi buruk pada trafo disebabkan oleh beberapa faktor yang teridentifikasi di lapangan. Pertama, terdapat 7 bak trafo yang kotor, mewakili 26% dari total bak yang buruk, di mana 4 bak terdapat sarang semut dan 3 bak terkontaminasi sampah. Kedua, sebanyak 4 bak trafo mengalami kelembapan, yang mewakili 15% dari total bak yang buruk, disebabkan oleh penutupan yang kurang tepat, sehingga air hujan dapat masuk. Ketiga, 12 bak trafo mengalami kerusakan pada komponen isolasi terkelupas, mewakili 44%, yang disebabkan oleh tekanan dari penutup bak trafo yang tidak tertutup dengan baik dan gigitan hewan. Keempat, terdapat kesalahan dalam penggunaan komponen sebanyak 4 bak trafo, mewakili 15%, di mana 2 bak menggunakan trafo seri bekas yang ditambal resin, dan 2 bak trafo lainnya terdapat kabel FL2XCY yang menonjol ke permukaan tanah. Dari buruknya kondisi bak trafo tersebut, hasil pengukuran tahanan isolasi menunjukkan penurunan nilai, dengan memperoleh predikat C (kurang) dan D (sangat kurang), berdasarkan lembar observasi yang telah dilakukan.
3. Faktor usia pemasangan jaringan instalasi dapat berpengaruh terhadap hasil pengukuran nilai tahanan isolasi, yang dimana mayoritas hasil pengukuran menunjukkan nilai tahanan isolasi dengan predikat C (kurang) dan D (sangat kurang). Penurunan tahanan isolasi terjadi karena seiring waktu, bahan isolasi mengalami penurunan kualitas akibat penggunaan yang terus-menerus, yang menyebabkan panas dari arus yang mengalir melalui komponen tersebut. Hal ini mengurangi efektivitas isolasi dan meningkatkan kemungkinan terjadinya arus bocor serta berpengaruh terhadap penurunan tahanan isolasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariadi, A., Termawut, I., & Hafid, A. (2023). Analisis Resiko Kegagalan Jaringan Distribusi PLN Menggunakan Metode Fault Tree Analysis. *IJESPG Journal*, 1(3), 254–267. <http://ijespgjournal.org>
- Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : PR 26 TAHUN 2022 Tentang Pedoman Teknis Operasional Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-27 (Advisory CASR Part 139-27) Pedoman Pengoperasian dan Pemeliharaan Peralatan Pendaratan Visual (Airfield Lighting System) dan Sistem Kelistrikan, Kementerian Perhubungan (2022)
- Sugiyono, D. (2017). Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D.
- Yusniati, Z. P., Armansyah, & Taufik, I. (2021). Pengukuran resistansi isolasi instalasi penerangan basement pada gedung rumah sakit grend mitra medika medan. *Buletin Utama Teknik*, 16(3), 240–247.