

Analisis Tahanan Isolasi Kabel dan Trafo *Approach Light* pada *Runway 35* di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang

Muhammad Bahtiar^{1*}, Rubby Soebiantoro²

^{1,2}Teknik Listrik Bandara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia

Email : Bahtiarmuhammad538@gmail.com

Received :
20 Februari 2025

Revised :
19 Maret 2025

Accepted :
04 Juli 2025

ABSTRAK

Pengukuran tahanan isolasi pada kabel dan trafo lampu *approach light* yang terpasang pada runway 35 merupakan Langkah krusial untuk menjamin keselamatan serta keandalan sistem penerangan di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang. Tingginya nilai tahanan isolasi pada komponen ini sangat penting untuk mencegah kebocoran arus yang dapat menyebabkan kegagalan sistem atau bahkan risiko kebakaran. Pengujian dilakukan pada kabel FL2XCY dan trafo approach light menggunakan megger insulation tester di berbagai bar lampu pada sirkuit CCR 1 dan CCR 2, yang mencakup bar 1 hingga 7. Data hasil pengukuran dianalisis secara kuantitatif berdasarkan standar PR 26 Tahun 2022 mengenai pedoman Teknis Operasional Keselamatan Penerbangan Sipil. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh wawasan lebih dalam mengenai kondisi isolasi kabel dan trafo approach light serta menyusun rekomendasi perawatan yang sesuai dengan regulasi agar sistem penerangan bandar udara tetap optimal dalam mendukung keselamatan penerbangan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kabel FL2XCY CCR 1 dengan total Panjang rangkaian 3720 meter memiliki tahanan isolasi sebesar 42 M, sedangkan CCR 2 dengan Panjang 3600 meter menunjukkan nilai 40M. Standar nilai minimum 40 M untuk Panjang rangkaian 3000 hingga 6000 meter, yang berarti kabel FL2XCY CCR 1 dan CCR 2 masih memenuhi kriteria yang ditetapkan. Selain itu, tahanan isolasi pada rangkaian approach light runway berkisar antara 2250 M hingga 3240 M untuk kabel FL2XCY dan 2400 M hingga 6500 M untuk trafo. Dengan melakukan perawatan seperti pemeriksaan dan pembersihan bak trafo, nilai tahanan isolasi pada keseluruhan rangkaian berpotensi meningkat hingga memenuhi standar minimum. Nilai tahanan isolasi trafo pada approach light 35 CCR 1 dan CCR 2 juga menunjukkan tingkat yang tinggi. Diperlukan pemeriksaan dan perbaikan lebih lanjut guna memastikan tidak ada permasalahan isolasi yang dapat memengaruhi sistem secara keseluruhan.

Kata kunci: *tahanan isolasi, kabel, trafo, approach Light*

ABSTRACT

The measurement of insulation resistance on cables and transformers of the approach light installed on runway 35 is a crucial step to ensure the safety and reliability of the lighting system at Abdulrachman Saleh Airport in Malang. A high insulation resistance value in these components is essential to prevent current leakage, which could lead to system failure or even fire hazards. The testing was conducted on FL2XCY cables and approach light transformers using a megger insulation tester at various lamp bars in circuits CCR 1 and CCR 2, covering bars 1 through 7. The measurement data were analyzed quantitatively based on PR 26 Year 2022 standards regarding the Technical Operational Guidelines for Civil Aviation Safety. The purpose of this study is to gain a deeper understanding of the insulation condition of cables and approach light transformers and to formulate maintenance recommendations in accordance with regulations to keep the airport lighting system operating optimally in support of flight safety. The measurement results indicate that the FL2XCY cable in CCR 1, with a total circuit length of 3720 meters, has an insulation resistance of 42 M Ω , while CCR 2, with a length of 3600 meters, shows a resistance of 40 M Ω . The minimum required insulation resistance standard for a circuit length of 3000 to 6000 meters is 40 M Ω , meaning that the FL2XCY cables in CCR 1 and CCR 2 still meet the stipulated criteria. Additionally, the insulation resistance in the approach light runway circuit ranges from 2250 M Ω to 3240 M Ω for FL2XCY cables and from 2450 M Ω to 6500 M Ω for transformers. By performing maintenance such as transformer box inspection and cleaning, the overall circuit insulation resistance has the potential to increase to meet the minimum standard. The insulation resistance values of the transformers in approach light 35 CCR 1 and CCR 2 also show high levels. Further inspection and repair are required to ensure that there are no insulation issues that could impact the overall system and operations.

Keywords: *insulation resistance, cables, transformers, approach Light*

PENDAHULUAN

Approach Light adalah instalasi penerangan bagi rancangan pendaratan yang dipasang pada perpanjangan landasan pacu. *Approach Light* adalah konfigurasi susunan lampu – lampu yang terpasang simetris dari ujung perpanjangan landasan pada *approach area* sampai dengan *threshold* memberikan informasi visual arah menuju landasan untuk mendukung pendaratan secara presisi atau akurat dengan ketinggian dan jarak pada saat terakhir pesawat akan mendarat (*final approach*)[1]. Adapun tipe atau jenis dari konfigurasi *approach light* yang terpasang di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang yaitu konfigurasi *Medium Approach Lighting System* (MALS). *Medium Approach Lighting System* terdiri dari sebaris lampu di garis tengah *runway* yang memanjang dan sebisa mungkin melebihi jarak yang tidak kurang dari 420 m dari *runway threshold* dengan sebaris lampu yang membentuk *crossbar* dengan panjang 21 m di jarak 300 m dari *runway threshold* dan jarak antar bar 60 m[2].

Approach light yang terpasang menggunakan jalur distribusi rangkaian *interleave*. Rangkaian *interleave* adalah sistem rangkaian jalur listrik yang digunakan dalam sistem pencahayaan *approach* di bandara untuk memastikan bahwa lampu-lampu *approach* tetap berfungsi dengan baik meskipun ada kegagalan pada beberapa bagian dari sistem. Pengaplikasian *interleave* pada *approach light* yaitu menggunakan jalur distribusi Listrik 2 sirkuit (CCR1 dan CCR2).



Gambar 1. Rangkaian Interleave Approach Light 35

Penggunaan kabel yang dibutuhkan untuk mendistribusikan energi listrik menggunakan kabel jenis FL2XCY 6 kV size 1 X 6 mm², dihubungkan secara seri dan dilengkapi dengan trafo seri yang berfungsi untuk memberikan nilai arus yang sama pada seluruh beban yang terpasang²(Andi et al., 2019) Jarak kabel dari CCR 1 yang berada di Gardu Lanud menuju bar approach light pertama adalah 1860 m dan jarak dari bar approach light terakhir menuju CCR 1 adalah 1440 m. kabel yang digunakan untuk mencakup seluruh kebutuhan approach light dari semua bar approach light CCR sirkuit 1 adalah 420 m dan untuk CCR sirkuit 2 adalah 360 m. secara keseluruhan kabel yang digunakan untuk approach light runway 35 sirkuit 1 adalah 3720 m dan sirkuit 2 adalah 3600 m.

Kabel dan trafo yang digunakan dalam sistem penerangan *runway* harus memiliki tahanan isolasi yang baik untuk mencegah kebocoran arus listrik. Adanya kebocoran listrik ini dapat memicu terjadinya korsleting yang menyebabkan bargainser atau meteran listrik mendeteksi adanya kelebihan daya pada lingkungan tersebut dan akan memutus aliran listrik. Kemudian kerugian yang lebih serius yaitu kebocoran listrik bisa menimbulkan percikan api akibat korsleting listrik yang dapat menyebabkan terjadinya kebakaran. [4]

Oleh karena itu, melakukan pemeriksaan berdasarkan pengukuran tahanan isolasi secara berkala adalah langkah kritis dalam program pemeliharaan preventif 6 bulanan untuk menjaga sistem operasi yang andal dalam keamanan sistem penerangan *runway*. Hal ini sesuai dengan PR 26 TAHUN 2022 TENTANG PEDOMAN TEKNIS OPERASIONAL KESELAMATAN PENERBANGAN SIPIL.

Tahanan isolasi adalah suatu tingkat ketahanan yang terdapat di antara dua kawat saluran yaitu kabel inti dan isolasi atau kabel yang diisolasi satu sama lain. Dengan kata lain, tahanan isolasi yaitu suatu tahanan yang terjadi antara suatu kabel dengan tanah (*ground*)[5]. Nilai resistan atau tahanan isolasi suatu penghantar listrik akan mengalami penurunan dari waktu ke waktu tergantung dari kondisi lingkungan, kelembaban, debu, suhu, dan gangguan tekanan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan dan pengukuran setiap isolasi suatu penghantar listrik, apakah masih memiliki nilai resistansi yang baik dan sesuai standar yang telah di tentukan atau tidak. Nilai tahanan isolasi ini sudah ditentukan batas minimumnya sesuai dengan PR 26 TAHUN 2022 [6] sehingga dapat dijadikan acuan bagi teknisi bila melakukan pengukuran isolasi.



Gambar 2. Pengukuran Ketahanan Isolasi

Dengan melakukan pengukuran tahanan isolasi kabel dan trafo *approach light* pada *Runway* 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang, sehingga dapat melakukan analisis dengan meneliti permasalahan yaitu bagaimana kondisi ketahanan isolasi kabel FL2XCY dan trafo pada *approach light runway* 35 dan apa tindakan yang perlu dilakukan berdasarkan hasil dari pengukuran ketahanan isolasi untuk meningkatkan keandalan dan keamanan sistem penerangan di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang yang sesuai dengan PR 26 TAHUN 2022?

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengukuran tahanan isolasi kabel dan trafo pada *approach light runway* 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih lanjut tentang kondisi isolasi kabel dan trafo *approach light* dan memberikan rekomendasi perawatan yang sesuai dengan PR 26 tahun 2022 untuk menjaga kinerja yang optimal dari sistem penerangan bandar udara demi kelesamatan penerbangan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang dikembangkan oleh sugiyono (2019). Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.



Gambar 3. Blok Diagram Penelitian

A. Potensi dan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, potensi yang dimiliki yaitu kabel FL2XCY dan trafo seri pada *approach light* 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang. kedua potensi tersebut digunakan untuk mendistribusikan listrik dari CCR menuju *approach Light*.

Sedangkan masalah yang diteliti pada penelitian ini adalah tahanan isolasi kabel FL2XCY dan trafo pada *approach light runway* 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang. Tahanan isolasi yang buruk dapat berdampak signifikan pada keselamatan penerbangan, sehingga penting untuk memastikan bahwa sistem penerangan runway memenuhi standar yang ditetapkan.

B. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yaitu menggunakan metode observasi. Metode observasi digunakan untuk mencari data tahanan isolasi yang berupa tahanan isolasi dari kabel FL2XCY, dan tahanan isolasi trafo series dengan cara pengukuran secara langsung menggunakan *megger isolating tester* yang diambil pada saat perawatan preventif 6 bulanan. Pengukuran dilakukan pada lampu *approach light runway* 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang dan sampel yang diambil yaitu kabel FL2XCY dan trafo yang berada pada sirkuit CCR 1 dan 2, yaitu kabel yang berawal dari CCR dan pada bar 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hingga kembali lagi ke CCR (*looping* keseluruhan). Pengukuran dilakukan pada inti kabel ke inti kabel dan inti kabel dengan tanah (*ground*). Selain itu, metode pengumpulan data juga dilakukan dengan melakukan studi pustaka. Studi Pustaka digunakan untuk mencari data melalui jurnal, skripsi, dokumen, serta buku yang memiliki keterkaitan dengan judul yang sedang diteliti. Studi pustaka juga membantu memahami standar tahanan isolasi yang diatur dalam PR 26 Tahun 2022.

C. Desain Penelitian

Penelitian ini memiliki variable penelitian, dimana variable penelitian penulis terdiri dari dua variable independent yaitu Jenis kabel (FL2XCY), trafo seri dan jarak antar bar. Serta memiliki satu variable dependen yaitu tahanan isolasi kabel dan nilai tahanan isolasi trafo [7]. Populasi dari penelitian ini adalah lampu *approach light runway* 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang dan sampel yang diambil yaitu kabel FL2XCY dan trafo yang berada pada sirkuit CCR 1 dan 2, yaitu kabel yang berawal dari CCR dan pada bar 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hingga kembali lagi ke CCR (*looping* keseluruhan).

D. Pelaksanaan Pengukuran

Pelaksanaan pengukuran tahanan isolasi kabel FL2XCY dan trafo menggunakan *megger isolation tester* dengan memberikan tegangan 5000 VDC selama 30 detik. Pengukuran dilakukan sesuai dengan populasi dan sampel yang telah ditentukan.

E. Validasi dan Analisis Data

Menggunakan analisis statistik untuk membandingkan hasil pengukuran dengan standar tahanan isolasi yang dipersyaratkan oleh PR 26 Tahun 2022. Data tersebut kemudian diuji secara statistik dengan membandingkan nilai tahanan isolasi kabel FL2XCY *approach light* secara *looping* atau kabel FL2XCY *approach light* dari CCR menuju CCR yang memiliki panjang rangkaian 3720 meter dan 3600 meter.

F. Pembahasan dan Kesimpulan

Menyajikan hasil pengukuran tahanan isolasi dalam bentuk tabel untuk memudahkan interpretasi data. Tabel tersebut menyajikan hasil pengukuran tahanan isolasi kabel FL2XCY dan trafo secara detail. Dari data tersebut, dapat dilakukan pembahasan hasil pengukuran

dalam konteks standar tahanan isolasi yang dipersyaratkan. Mengidentifikasi area-area yang memerlukan perhatian khusus dan tindakan perbaikan segera.

Menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis data, apakah tahanan isolasi kabel FL2XCY dan trafo pada lampu *approach runway* 35 memenuhi standar yang dipersyaratkan. Memberikan rekomendasi perbaikan dan langkah-langkah yang perlu diambil untuk meningkatkan tahanan isolasi.

Tabel 1. Tahanan Isolasi Minimum Yang Diperkirakan PR 26 Tahun 2022

Panjang rangkaian (m)	Tahanan minimum yang dipersyaratkan terhadap tanah (megaohms)
3000 kurang	50
3000 sampai 6000	40
6000 atau lebih	30

**Sumber : PR 26 Tahun 2022
HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pembahasan ini menyajikan data dari hasil pengukuran tahanan isolasi pada kabel FL2XCY dan trafo *approach light* di *runway* 35 Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *megger isolation tester* 5000 VDC selama 30 detik dengan tujuan untuk mengukur dan menganalisis tahanan isolasi kabel FL2XCY dan trafo seri pada *approach light* sirkuit CCR 1 dan 2.

Berdasarkan hasil observasi, ditemukan bahwa tahanan isolasi kabel FL2XCY pada *approach light runway* 35 CCR 1 dengan jarak rangkaian keseluruhan sepanjang 3720 meter memiliki tahanan isolasi sebesar 42 M Ω dan CCR 2 dengan jarak rangkaian keseluruhan sepanjang 3600 meter memiliki tahanan isolasi sebesar 40 M Ω . Sesuai dengan Tabel 1 dari PR 26 Tahun 2022, untuk panjang rangkaian 3000 sampai 6000 meter, nilai tahanan isolasi minimum yang dipersyaratkan adalah 40 M Ω . Ini menandakan bahwa tahanan isolasi kabel FL2XCY pada *approach light runway* 35 masih memenuhi nilai tahanan isolasi yang dipersyaratkan oleh PR 26 Tahun 2022. Tidak hanya itu, pengukuran tahanan isolasi kabel juga dilakukan pada setiap antar bar *approach light* untuk mendapatkan nilai tahanan isolasi yang lebih detail. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi kabel yang memiliki tahanan isolasi yang rendah. Hasil pengukuran tahanan isolasi kabel FL2XCY dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL FAKTOR KOREKSI

TEMPERATUR	FAKTOR KOREKSI
20	1,00
21	1,11
22	1,21
23	1,39
24	1,55
25	1,74
26	1,96
27	2,22
28	2,52
29	2,87
30	3,25
31	3,75
32	4,25
33	4,90
34	5,60
35	6,45
36	

Gambar . 4 Tabel Faktor Koreksi

NILAI PENGUKURAN

- NILAI UKUR TAHANAN ISOLASI
Dikonversikan pada suhu 20°C
DALAM SATUAN M.ohm.km

$$R_{is\ 20^{\circ}C} = \frac{RT \times FT \times L}{1000} \text{ M.ohm.km}$$

YONAFONDA@GMAIL

Gambar 5. Rumus Nilai Pengukuran

Dimana :

- R is 20 °C = Tahanan Isolasi Pada Suhu 20°C
RT = Tahanan Isolasi Pada Temperatur Ruang Dalam Satuan Mega Ohm
FT = Faktor Koreksi Suhu
L = Panjang Kabel (meter)

Tabel 2. Hasil Pengukuran Ketahanan Kabel FL2XCY

Bar Awal	Bar Akhir	Jarak (Meter)	Hasil Pengukuran (MΩ)	Temperatur (°C)	Faktor Koreksi Suhu	R is 20 °C (MΩ)
CCR 1	CCR 1	3720	42	20	1,00	156,24
CCR 2	CCR 2	3600	40	20	1,00	144
CCR 1	1	1860	3500	20	1,00	6510
CCR 2	2	1800	2630	20	1,00	4734
1	3	120	3240	30	3,25	1263,6
3	5	120	2550	31	3,75	1147,5
5	7	120	2250	31	3,75	1012,5
2	4	120	2300	31	3,75	1035
4	5	60	2750	30	3,25	536,25
5	6	60	2810	30	3,25	548

Tabel 3. Hasil Pengukuran Ketahanan Isolasi Trafo

Bar	Ketahanan Isolasi (MΩ)
1	4150
2	3360
3	3600
4	2450
5	6500
6	3180
7	5700
5 (wing bar)	2500

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengukuran tahanan isolasi kabel FL2XCY pada *approach light runway* 35 menunjukkan variasi nilai yang cukup signifikan sepanjang rangkaian. Pengukuran tahanan isolasi dari CCR ke Bar 1 sepanjang 1860 meter, nilai tahanan isolasi adalah 3500 M Ω , sedangkan dari CCR ke Bar 2 sepanjang 1800 meter, nilai tahanan isolasi adalah 2630 M Ω . Di antara bar *approach light*, pengukuran tahanan isolasi bervariasi dari 2250 M Ω hingga 3240 M Ω . Kabel pada bar-bar ini menunjukkan tahanan isolasi yang masih memadai namun perawatan dan pemeriksaan tambahan juga diperlukan untuk memastikan bahwa masalah-masalah isolasi pada kabel-kabel tidak berdampak pada keseluruhan sistem dan operasional. Dengan melakukan perawatan seperti pengecekan bak trafo dan membersihkan bak trafo, besar kemungkinan nilai tahanan isolasi secara keseluruhan rangkaian (*looping*) akan meningkat dan dapat mencapai nilai tahanan isolasi minimum yang dipersyaratkan oleh PR 26 Tahun 2022.

Berdasarkan Tabel 3, hasil pengukuran tahanan isolasi trafo untuk setiap bar *approach light* menunjukkan variasi yang signifikan. Bar dengan nilai tahanan isolasi tertinggi adalah Bar 5 dengan 6500 M Ω , sementara bar dengan nilai tahanan isolasi terendah adalah bar 4 dengan hanya 2450 M Ω . Data ini mengindikasikan bahwa trafo tidak memiliki masalah serius yang memerlukan tindakan perbaikan segera. Perbaikan lebih lanjut atau pemeriksaan tambahan diperlukan untuk memastikan bahwa masalah isolasi pada setiap bar tidak berdampak pada keseluruhan sistem dan operasional.

KESIMPULAN

Pengukuran ketahanan isolasi pada kabel FL2XCY dan trafo *approach light* pada *runway* 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang dilakukan menggunakan *megger isolation tester* pada berbagai bar kabel dan trafo di sirkuit CCR 1 dan CCR 2. Data dianalisis berdasarkan standar PR 26 TAHUN 2022 TENTANG PEDOMAN TEKNIS OPERASIONAL KESELAMATAN PENERBANGAN SIPIL dan secara kuantitatif. Berdasarkan hasil observasi, tahanan isolasi kabel FL2XCY pada *approach light runway* 35 dengan jarak rangkaian keseluruhan CCR 1 sepanjang 3720 meter memiliki tahanan isolasi sebesar 42 M Ω dan CCR 2 sepanjang 3600 meter memiliki tahanan isolasi sebesar 40 M Ω . Sesuai dengan Tabel 1 dari PR 26 Tahun 2022, untuk panjang rangkaian 3000 sampai 6000 meter, nilai tahanan isolasi minimum yang dipersyaratkan adalah 40 M Ω . Ini menandakan bahwa tahanan isolasi kabel FL2XCY pada *approach light runway* 35 masih memenuhi nilai tahanan isolasi yang dipersyaratkan oleh PR 26 Tahun 2022. Dalam rangkaian *approach light runway* 35 tidak terdapat tahanan isolasi rendah. Dengan melakukan perawatan seperti pengecekan bak trafo dan membersihkan bak trafo, besar kemungkinan nilai tahanan isolasi secara keseluruhan rangkaian (*looping*) akan meningkat dan dapat mencapai nilai tahanan isolasi minimum yang dipersyaratkan oleh PR 26 Tahun 2022. Nilai tahanan isolasi trafo pada *approach light* 35 CCR 1 dan CCR 2 menunjukkan nilai tahanan isolasi yang tinggi. Perawatan dan perbaikan lebih lanjut atau pemeriksaan tambahan diperlukan untuk memastikan bahwa tidak ada masalah isolasi pada trafo dan dipastikan tidak berdampak pada keseluruhan sistem dan operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fajar, Z. Kurniawati, A. Herianto, S. Tinggi, and P. Indonesia, "RANCANGAN SIMULASI APPRAOCH LIGHTING SYSTEM BANDAR UDARA MENGGUNAKAN MICROSOFT VISUAL STUDIO 2015 DI SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN INDONESIA."
- [2] E. Dwi, A. Peneliti, P. Penelitian, P. Udara, and I. Artikel, "Jurnal Penelitian Perhubungan Udara WARTA ARDHIA Kebutuhan Approach Light System pada Kedua Ambang Landasan Bandara Sultan Hasanuddin-Makassar untuk Meningkatkan Kapasitas

- Pergerakan Pesawat Udara The Needs of Approach Light System on The Two Runway Edges of Sultan Hasanuddin-Makassar airport to Increase Aircraft Movement Capacity," 2012.
- [3] "Andi et al., 2019".
- [4] A. E. Widodo and S. Suleman, "Detektor Kebocoran Listrik Rumah Berbasis Arduino," *EVOLUSI: Jurnal Sains dan Manajemen*, vol. 8, no. 2, pp. 40–49, 2020, doi: 10.31294/evolusi.v8i2.8948.
- [5] "Aris Rafiansyah, 2022".
- [6] Yusniati, Z. Pelawi, Armansyah, and Taufik Imam, "Pengukuran Resistansi Isolasi Instalasi Penerangan Basement Pada Gedung Rumah Sakit Grend Mitra Medika Medan," *Buletin Utama Teknik*, vol. 16, no. 3, pp. 240–247, 2021.
- [7] H. Fadhillah, R. Adiliawijaya Putriekapuja, S. T. Saputra, and L. Lintas Udara, "Pengaruh Beban Kerja dan Stress Kerja Terhadap Decision Making Personel ATC Perum LPPNPI Cabang Pekanbaru," vol. 01, no. 01, p. 2022, [Online]. Available: <https://journal.ppicurug.ac.id/index.php/snvp>
- [8] K. Friesleben, "Aircraft runway lighting circuit - has loop line containing transformers each supplying two alternate lamps," May 22, 1990 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/DE4016482A1/en>
- [9] Kai, T., Yamamoto, K., & Sumi, S. (2017). *Lightning protection for power cables connected to aviation lights on an airport runway*. 157–161. <https://doi.org/10.1109/SIPDA.2017.8116917>
- [10] Moetriono, H. (2012). *ANALISIS PERPANJANGAN LANDAS PACU (RUNWAY) DAN KOMPARASI BIAYA TEBAL PERKERASAN (Studi Kasus pada Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang)*. 5(01).
- [11] Sari, D. R., Suharno, S., Laksono, A. D., & Abrori, M. I. (2022). Pemeliharaan dan perbaikan runway strip bandar udara abdul rachman saleh malang. *Jurnal Penelitian*, 7(2), 171–179. <https://doi.org/10.46491/jp.v7i2.916>
- [12] *Testing of Airport Runway Lighting Cables*. (2023). <https://doi.org/10.1109/epe58302.2023.10149263>
- [13] Yoshikatsu, T. (1980). *Method of monitoring the insulation of aviation illumination circuit*.
- [14] Deviatkina, S., Siryi, D., Yaremich, T., & Molchanova, K. (2024). Monitoring of the insulation resistance in the power supply system of the aerodrome ground lights. *InterConf*. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2024.025>
- [15] Freschi, F., Mitolo, M., & Tommasini, R. (2015). Electrical Safety of Aeronautical Ground Lighting Systems. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 51(3), 2003–2008. <https://doi.org/10.1109/TIA.2014.2365191>