

Evaluasi Indeks Polaritas (PI) sebagai Indikator Keandalan Isolasi Kabel pada Sistem Pressurized Fan di Gedung Bertingkat PT XYZ

Arifin Hidayat ^{1*}, Maria Angela Kartawidjaja²

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info

Article history:

Received
July, 09 2025

Accepted
July, 17 2025

Keywords: Polarization
Index, Pressurized Fan,
Insulation Test

Abstract

The reliability of electrical systems and mechanical equipment, such as Pressurized Fans is critical for ensuring safety and operational continuity in high-rise buildings, particularly in emergency stairwells. This study focuses on Polarization Index (PI) testing to evaluate cable insulation conditions in Pressurized Fan at PT XYZ. The methodology includes initial functional testing, literature review, automated control panel design, and system performance evaluation. Test results revealed that while insulation resistance (IR) values met standards ($>25\text{ M}\Omega$), low PI values (<1.0) indicated insulation degradation, causing frequent tripping of the Pressurized Fan. The implemented solutions involved replacing the cable installation and designing a more reliable control panel. Post-improvement, the system operated optimally and complied with safety standards such as SNI 03-1746-2000 and NFPA 92A. This study highlights the importance of preventive maintenance through regular PI testing to prevent system failures and ensure building occupant safety.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diserahkan:
09 Juli 2025

Diterima:
17 Juli 2025

Kata Kunci: Indeks
Polaritas, Pressurized
Fan, Tes Isolasi

Abstrak

Keandalan sistem kelistrikan dan peralatan mekanik, seperti *pressurized fan* sangat penting dalam menjaga keselamatan dan operasional gedung bertingkat, terutama pada sistem tangga darurat. Penelitian ini berfokus pada pengujian Indeks Polaritas (PI) untuk mengevaluasi kondisi isolasi kabel pada *pressurized fan* di PT XYZ. Metode yang digunakan meliputi pengujian fungsi awal, studi literatur, perancangan panel kontrol otomatis, serta pengujian kinerja sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa meskipun nilai resistansi isolasi (IR) memenuhi standar ($>25\text{ M}\Omega$), nilai PI yang rendah ($<1,0$) mengindikasikan degradasi isolasi kabel yang menyebabkan *pressurized fan* sering trip. Solusi yang diterapkan adalah penggantian instalasi kabel baru dan pembuatan panel kontrol yang lebih andal. Setelah perbaikan, sistem berfungsi optimal dan memenuhi standar keselamatan seperti SNI 03-1746-2000 dan NFPA 92A. Penelitian ini menekankan pentingnya *preventive maintenance* melalui pengujian PI secara berkala untuk mencegah kegagalan sistem dan memastikan keselamatan penghuni gedung.

*Corresponding author. Arifin Hidayat
Email address: arifin.hidayat291@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri terutama di dalam gedung bertingkat, penting fungsi *pressurized fan* pada tangga darurat yang digunakan untuk menjaga tekanan positif dalam ruang tertutup di tangga darurat terhadap area luar sehingga pada saat terjadi kebakaran tidak ada asap yang masuk ke dalam ruang tangga darurat. Dengan kondisi tersebut maka proses evakuasi orang di dalam gedung bertingkat menjadi lebih efektif. Untuk kesesuaian pada tangga darurat di gedung bertingkat yang memenuhi standar SNI 03-1746-2000 yang meliputi sumber daya listrik darurat, lampu darurat, sistem kendali asap, komunikasi darurat, bukaan jalur penyelamatan, petunjuk arah evakuasi dan pencahayaan tanda arah di area tangga darurat. Dalam penelitian peralatan mekanis seperti *pressurized fan* memiliki peran vital dalam mendukung proses operasional, terutama dalam sistem kendali asap di dalam area tangga darurat (L. Yuliana, A. S. Mappangile, B. Amiricano, 2021). *Pressurized fan* yang tidak terawat dengan baik dapat mengalami penurunan performa, kebisingan berlebih, konsumsi energi yang meningkat, hingga kerusakan total. Untuk itu, *preventive maintenance* atau pemeliharaan secara preventif sangat diperlukan guna memastikan *pressurized fan* tetap beroperasi dengan efisien dan andal. Dengan menerapkan program *preventive maintenance* yang tepat, perusahaan dapat meminimalkan risiko *downtime*, memperpanjang usia pakai peralatan, dan mengurangi biaya perbaikan mendadak.

Untuk menjaga keandalan sistem *pressurize fan* maka sistem kelistrikan dan peralatan mekanik merupakan faktor krusial yang menentukan kelangsungan operasional. Salah satu aspek penting dalam menjaga keandalan sistem kelistrikan adalah pengukuran isolasi kabel secara berkala. Isolasi kabel yang menurun dapat menyebabkan kebocoran arus, korsleting, bahkan kebakaran yang tidak hanya mengganggu produksi tetapi juga dapat membahayakan keselamatan personel dan merusak aset perusahaan. Oleh karena itu, pemantauan kondisi isolasi kabel secara berkala menjadi langkah *preventif* yang sangat penting untuk mendeteksi potensi masalah sejak dini dan mencegah gangguan yang lebih besar. Pengujian indeks polaritas merupakan metode yang efektif dan akurat untuk mengevaluasi kondisi isolasi pada transformator tenaga, motor dan lainnya. Untuk menjaga keandalan sistem dalam jangka panjang, mengingat pengujian indeks polaritas sangat penting, maka dilakukan secara berkala sebagai bagian dari program perawatan preventif guna mencegah kegagalan operasi akibat degradasi isolasi yang dampaknya bukan hanya terhadap *equipment* yang tidak sesuai secara operasional namun terhadap keselamatan penghuni bangunan dari bahaya kebakaran (M. H. Indra, Y. Suzantry H., I. Priyadi, 2022).

Pressurized fan yang tidak terawat dengan baik dapat mengalami penurunan performa, kebisingan berlebih, konsumsi energi yang meningkat hingga kerusakan total. Untuk itu, *preventive maintenance* atau pemeliharaan secara *preventif* sangat diperlukan guna memastikan *pressurized fan* tetap beroperasi dengan efisien dan andal. Dengan menerapkan program *preventive maintenance* yang tepat, perusahaan dapat meminimalkan risiko *downtime*, memperpanjang usia pakai peralatan, dan mengurangi biaya perbaikan mendadak. Untuk *preventive maintenance* pada *pressurized fan* tersebut dilakukan dengan mengukur kelistrikan pada panel baik secara visual maupun pengukuran arus atau tegangan, lalu tes isolasi minimal 1 kali setahun dengan *insulation tester* dan mengukur kecepatan aliran udara yang dihembuskan oleh fan pada lubang grille dengan menggunakan alat anemometer ataupun balometer.

Dengan demikian, pengukuran isolasi kabel dan *preventive maintenance* terhadap *pressurized fan* bukan hanya sekadar kegiatan rutin melainkan investasi strategis dalam menjaga keselamatan, efisiensi operasional, dan keberlanjutan industri secara keseluruhan.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental yang dimulai dengan pengujian fungsi awal, dilanjutkan dengan studi literatur untuk mengumpulkan konsep dan teori terkait, termasuk standar yang berlaku, buku pedoman, dan artikel sejenis. Tahap selanjutnya adalah merancang panel kontrol guna mengatur *pressurized fan* secara otomatis. Setelah seluruh sistem terpasang, dilakukan pengujian untuk mengevaluasi kinerja *pressurized fan* berdasarkan sistem yang telah dirancang. Tahap akhir penelitian melibatkan analisis terhadap hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut. Dalam pelaksanaan pengujian tes isolasi di PT XYZ dilakukan tahapan awal dengan tes isolasi kabel dilanjutkan dengan tes indeks polaritas (PI) dengan menggunakan *insulation tester* Hioki IR3455.

Alat tes isolasi atau *insulation tester* atau sering dikenal sebagai megger merupakan alat ukur yang digunakan untuk menguji ketahanan dan kualitas isolasi pada peralatan dan instalasi listrik seperti kabel, motor, transformator dan sistem distribusi daya. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa tidak terdapat arus bocor yang dapat menyebabkan gangguan sistem, kerusakan peralatan bahkan kebakaran. Alat ini bekerja dengan cara memberikan tegangan DC tinggi pada sistem dan mengukur resistansi isolasi antara dua titik, umumnya antara konduktor dan tanah (ground). Nilai resistansi yang tinggi menunjukkan kondisi isolasi yang baik, sedangkan resistansi rendah menandakan adanya kerusakan atau degradasi isolasi.

Tabel 1.

Nilai Standar Resistansi

Nilai Resistansi (MΩ)	Kondisi Isolasi
> 1000 MΩ	Sangat Baik
100 – 1000 MΩ	Baik
1 – 100 MΩ	Perlu perhatian khusus
< 1 MΩ	Buruk, perlu perbaikan

Pengujian isolasi menggunakan metode *Insulation Resistance* (IR) terbukti efektif sebagai langkah *preventif* dalam menjaga kinerja motor induksi. Metode ini dipilih karena bersifat ekonomis, sederhana, dan sesuai dengan standar IEEE Std 43-2013 (A. A. R. Irwanto, Hermawan, 2024).

Alat tes isolasi ini juga biasanya digunakan untuk melakukan pengujian Indeks Polaritas (PI) merupakan salah satu metode pengujian kualitas isolasi pada peralatan listrik, termasuk kabel, motor dan transformator. Indeks ini menggambarkan kondisi fisik dan kebersihan sistem isolasi berdasarkan perbandingan antara nilai resistansi isolasi setelah 10 menit dan 1 menit pengujian menggunakan tegangan DC (IEC. 2010) PI dihitung dengan rumus berikut:

$$PI = \frac{R_{10 \text{ menit}}}{R_{1 \text{ menit}}}$$

dengan:

R10 menit = resistansi isolasi setelah 10 menit

R1 menit = resistansi isolasi setelah 1 menit

Nilai PI memberikan informasi tentang kondisi kontaminasi, kelembaban, dan degradasi termal pada isolasi. Semakin tinggi nilai PI, semakin baik kondisi isolasi kabel (IEEE, 2000).

Tabel 2.

Nilai Standar PI (Berdasarkan IEEE Std 43-2000)

Nilai PI	Interpretasi
$> 2,0$	Isolasi sangat baik (kering dan bersih).
$1,5 - 2,0$	solasi cukup, tetapi perlu pemantauan.
$1,0 - 1,5$	Isolasi lembab/terkontaminasi, butuh tindakan.
$< 1,0$	Isolasi buruk (arus konduktif tinggi).

Mengukur tahanan isolasi pada motor 3 fasa dan mengevaluasi kondisi isolasi menggunakan pengujian PI dengan tegangan 500 V. Berdasarkan standar IEEE Std 43-2000 diperlukan pengujian tahanan isolasi secara berkala untuk pemantauan dan perawatan isolasi motor dalam jangka panjang (H. Abdillah, M. A. Baihaqi, L. Hakim., A. Analisa, H. Arista, 2023). Dalam pengukuran polaritas indeks ini menggunakan Hioki IR3455.



Gambar 1.

Insulation Tester Hioki IR3455

Dalam pengujian tes isolasi ini dilakukan pada PT XYZ untuk peralatan sistem keselamatan kebakaran yaitu *pressurized fan*. Peralatan ini adalah sistem kipas yang dirancang untuk menghasilkan tekanan positif dalam ruang tertutup, khususnya pada jalur evakuasi seperti tangga darurat, lorong, dan ruang pelindung vertikal pada gedung bertingkat. Implementasi *exhaust fan* dan *pressure fan* pada tangga darurat akan menciptakan tekanan positif untuk mencegah infiltrasi asap ke dalam ruang evakuasi sehingga penghuni gedung dapat keluar dengan aman saat terjadi kebakaran atau kondisi darurat lainnya (Atika Rossydina P. P. , Heru Sufianto, 2018).

Pressurized fan yang berfungsi untuk menjaga tekanan udara di dalam tangga darurat serta menghalangi asap agar tidak masuk ke dalam tangga darurat dan mengganggu pengguna gedung. Untuk aktivasi pengendalian asap, terbagi menjadi dua yaitu secara otomatis yang telah dipasang setiap ruangan dan koridor berupa detektor asap titik. Secara manual akan diaktifkan dari ruang kontrol gedung oleh petugas yang berada pada ruang kontrol utama gedung (Kamula Luna Zulfardi , Andreas F. V. Roy, 2023). Fungsi *pressurized fan* pada jalur evakuasi (Yesi Aprilia Savitri, 2017) adalah:

1. Mencegah penyusupan asap ke dalam ruang tangga darurat saat terjadi kebakaran.
2. Menjaga visibilitas dan kualitas udara di jalur evakuasi.
3. Memfasilitasi evakuasi yang aman dan cepat bagi penghuni gedung.

4. Memberikan perlindungan tambahan bagi petugas pemadam kebakaran saat melakukan penyelamatan.

Sistem ini merupakan bagian dari sistem pengendalian asap aktif dan termasuk dalam komponen keselamatan pasif gedung. Sesuai dengan standar dan regulasi pada NFPA 92A, SNI 03-1736-2000 dan Permen PU No. 26/PRT/M/2008, Standar SNI 03-1736-2000 (Badan Standarisasi Nasional, 2000) menetapkan kriteria sebagai berikut:

1. Perbedaan tekanan minimum antara area aman dan area terbakar (min 25 Pa).
2. Waktu operasional sistem yang harus aktif selama evakuasi berlangsung.
3. Integrasi dengan sistem deteksi asap dan alarm kebakaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Tahap Awal

Pengujian tahap awal merupakan langkah penting dalam penelitian ini untuk memastikan bahwa semua komponen dan sistem berfungsi sesuai dengan perencanaan sebelum memasuki tahap eksperimen lebih lanjut. Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi masalah, memverifikasi kinerja awal alat, serta memastikan bahwa desain yang dibuat telah memenuhi prinsip dasar yang ditetapkan.

Melalui pengujian awal, dapat dievaluasi kelayakan rancangan sistem kontrol fan secara otomatis sebelum dilakukan pengembangan lebih lanjut. Hasil dari tahap ini akan menjadi acuan untuk melakukan penyempurnaan desain, sehingga sistem dapat bekerja secara optimal pada tahap pengujian utama. Pengujian awal merupakan fondasi untuk kesuksesan penelitian secara keseluruhan, dan hasil temuan pada tahap ini akan dianalisis secara cermat untuk memastikan keandalan sistem sebelum memasuki tahap implementasi lengkap.

Harapannya, melalui pengujian ini, kami dapat meminimalkan kesalahan teknis dan meningkatkan efektivitas sistem sebelum pengujian akhir dilakukan. Tabel 3 berikut adalah hasil pengecekan tahap awal.

Tabel 3.
Visual Check & Test Run

No	Equipment	Gambar	Kondisi Saat ini	Kondisi Seharusnya	Saran	Keterangan
1	Pressurized Fan Kap: 7.5 kW Brand: NA Model: NA Lokasi: Lt.26	  	1. Sistem operasi sudah bisa di remote by CCMS & Star Delta. 2. Fan Supply lemah. 3. Kabel tarikan dari basement ke Lt. 26 ada sambungan & belum dilakukan test megger.	1. Remote by CCMS & Star Delta. 2. Supply udara ke ruangan harusnya lebih besar dari yang ada. 3. Dilakukan test megger/Insulation test & tanpa sambungan.	1. Wiring diagram/SLD belum ada, Label Hazard pada luar panel. 2. Dilakukan penggantian motor dan kapasitas disesuaikan dengan kebutuhan volume ruangan tangga darurat. 3. Dilakukan Insulation test/Test Megger dan atau tarik ulang kabel.	

Dalam pengujian tersebut didapatkan hasil yang perlu diperbaiki untuk sistem *pressurized fan* Lt. 26 yaitu:

1. Dibuatkan wiring diagram dan perbaikan panel control untuk *pressurized fan*.
2. Perbaikan atau penggantian motor dan kapasitas motor disesuaikan dengan kebutuhan volume ruangan.
3. Dilakukan *insulation test* dan penarikan kabel baru karena terdapat sambungan kabel pada instalasi lama.

Tabel 4.

Insulation Test

No	Description	DC Voltage Test	IR Min Standard Value	Measurement (M Ω)	Remark
1	R	500 VDC	25 M Ω	875	Baik
2	S	500 VDC	25 M Ω	934	Baik
3	T	500 VDC	25 M Ω	1040	Baik

Dari hasil tes isolasi kabel pada tabel di atas, hasilnya menyatakan baik-baik saja. Untuk memastikan bahwa kondisi instalasi kabel masih dalam keadaan baik maka perlu dilakukan pengujian indeks polaritas yang hasilnya ada di Tabel 5.

Tabel 5.

Polarization Index (PI) Test

No	Description	DC Voltage Test	IR Min Standard Value	Measurement (M Ω)		PI Result (IR10 min / IR1 min)	PI Standard IEEE No. 43-2000
				1 Minutes	10 Minutes		
1	R - Star	500 VDC	25 M Ω	972	1269	1.306	<1 = Berbahaya, 1-1.5 = Buruk, 1.5-2.0 = Diragukan, 2.0-3.0 = Cukup, 3.0-4.0 = Baik, >4.0 = Sangat Baik
2	S - Star	500 VDC	25 M Ω	1081	1314	1.216	
3	T - Star	500 VDC	25 M Ω	1037	1237	1.193	
4	R - Delta	500 VDC	25 M Ω	687	995	1.448	
5	S - Delta	500 VDC	25 M Ω	841	959	1.14	
6	T - Delta	500 VDC	25 M Ω	489	524	1.072	

Setelah dilakukan pengujian indeks polaritas (PI) hasilnya tidak sesuai harapan. Sehingga perlu dilakukan penarikan instalasi kabel baru untuk sistem instalasi pada *pressurized fan*.

3.2 Perbaikan Sistem *Pressurized Fan*

Setelah dilakukan pengujian tahap awal maka dilakukan perbaikan untuk sistem *pressurized fan* dengan tahapan:

1. Penggantian motor & *accessories*.
2. Pembuatan panel kontrol *pressurized fan*.
3. Pengujian test isolasi kabel atau *test megger*.

3.2.1. Penggantian Motor dan Accessories

Dalam proses ini dibutuhkan komponen untuk perbaikan seperti:

1. Motor fan sentrifugal



Gambar 2.

Sentrifugal Fan (Sumber: <https://continentalfan.com/product-category/centrifugal-blowers>)

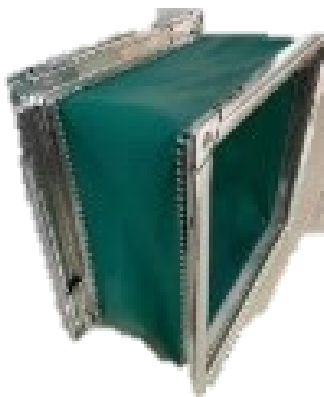
2. Belt



Gambar 3.

Fan Belt (Sumber: <https://www.acorn-ind.co.uk/insight/choosing-the-right-v-belt-drive-for-your-hvac-fan-application/>)

3. Kanvas Fan

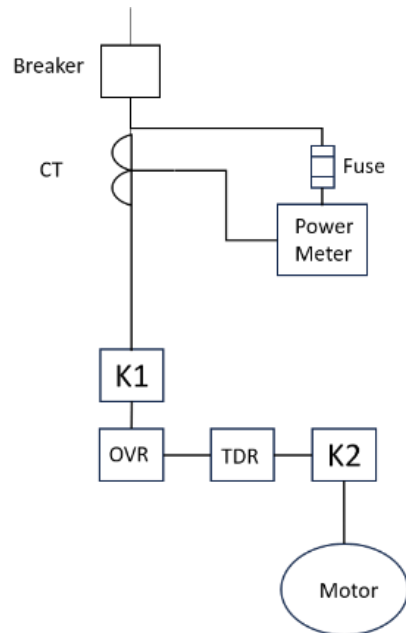


Gambar 4.

Fan Belt (Sumber: https://id.made-in-china.com/co_china-ventilation/product_Air-Ventilation-Square-Soft-Connector-Fan-Canvas-Soft-Joint-PVC-Central-Air-Conditioning-Duct-Joint_ysuhguiigy.html/)

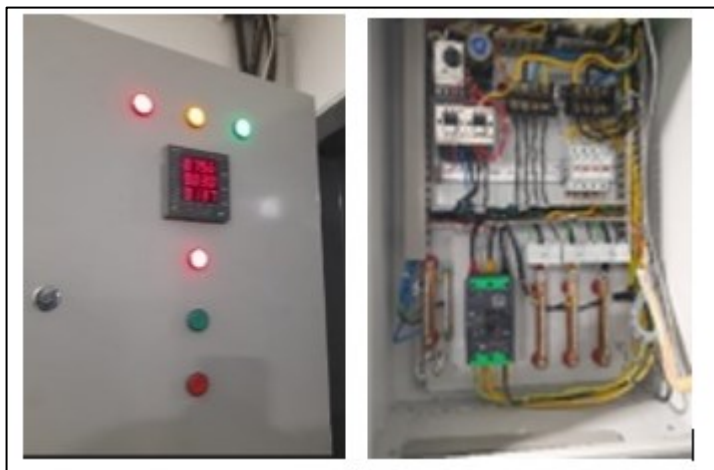
3.2.2. Pembuatan Panel Kontrol *Pressurized Fan*

Dalam proses ini karena sistem pengendali sistem *pressurized fan* tidak bekerja dengan baik maka perlu dilakukan pembuatan panel control baru untuk *pressurized* dengan tahapan awal pembuatan *single line* diagram lalu pembuatan rangkaian panelnya.



Gambar 5.

Single line diagram panel kontrol *Pressurized Fan*



Gambar 6.

Panel kontrol *Pressurized Fan*

3.3. Pengujian Tahap Akhir

Setelah dilakukan penggantian kabel instalasi *pressurized fan*, untuk memastikan instalasi kabel *pressurized fan* dalam kondisi baik, maka perlu dilakukan pengujian tes isolasi kabel *pressurized fan*. Didalam lingkungan yang lembab atau beresiko tinggi akan mempengaruhi kekuatan/resistansi pada isolasi kabel, apalagi dengan kondisi kabel yang jaraknya jauh dan lembab sehingga akan mengurangi umur pakai dari kabel tersebut (Sin-Dong Kang, Jae-Ho Kim, 2020). Hasil pengujian tahap akhir bisa dilihat pada Tabel 6 pengujian tes isolasi kabel.

Tabel 6.
Pengujian Tes Isolasi IR & PI

No	Description	DC Voltage Test	IR Min Standard Value	Measurement (M Ω)		PI Result (IR10 min / IR1 min)	PI Standard IEEE No. 43-2000
				1 Minutes	10 Minutes		
1	R - Star	500 VDC	25 M Ω	955	3078	3.223	<1 = Berbahaya, 1-1.5 = Buruk, 1.5-2.0 = Diragukan, 2.0-3.0 = Cukup, 3.0-4.0 = Baik, >4.0 = Sangat Baik
2	S - Star	500 VDC	25 M Ω	1123	3423	3.048	
3	T - Star	500 VDC	25 M Ω	995	3459	3.476	
4	R - Delta	500 VDC	25 M Ω	843	2789	3.308	
5	S - Delta	500 VDC	25 M Ω	931	3174	3.409	
6	T - Delta	500 VDC	25 M Ω	1045	3365	3.220	

Setelah dilakukan penggantian instalasi kabel baru, berdasarkan pada tabel di atas maka hasil dari pengujian tes isolasi (IR) Indeks Polaritas (PI) itu menunjukkan hasil kondisi isolasi kabel yang sesuai dengan standar kelistrikan dan pada akhirnya *pressurized fan* berfungsi dengan baik.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang menggunakan Tes Isolasi (*Insulation Test*) masih kurang efektif jika dilakukan pada instalasi lama yang dimana instalasi kabel sudah diatas 10 tahun sehingga sangat perlu dilakukan Indeks Polaritas (*Polarization Index/PI*) agar dapat mengetahui secara pasti kondisi instalasi kabel yang sudah terpasang lama. Sehingga kita dapat mengetahui apakah instalasi kabel tersebut terdampak oleh lingkungan atau tidak. Untuk mengurangi resiko konsleting, abnormal pada *pressurized fan* dan bahkan terjadinya kebakaran, maka pentingnya dilakukan pengujian tes isolasi dan indeks polaritas (PI) secara berkala untuk memastikan kesesuaian fungsi pada sistem keamanan bangunan gedung.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. L. Yuliana, A. S. Mappangile, B. Amiricano (2021), “*Analisis Kesesuaian Tangga Darurat pada Gedung A di Universitas Balikpapan*” Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Universitas Balikpapan. *Jurnal Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lindungan Lingkungan* 7(2) : 474 - 483
2. M. H. Indra, Y. Suzantry H., I. Priyadi (2022), “*Pengujian Tahanan Isolasi Pada Transformator Distribusi 160 kVA Di PT PLN (PERSERO) UP3 Bengkulu*” Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu. *Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro dan Komputer* 12(2) : 8-15
3. A. A. R. Irwanto, Hermawan (2024), “*Metoda Sederhana untuk Memperbaiki Kinerja Motor Listrik 3 Fasa berdasarkan Insulation Resistance Test*” Program Studi Teknik Elektro Universitas Pendidikan Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(1) : 55-62
4. IEC (2010), “*Rotating Electrical Machine – Part 1 Rating and Performance*”, IEC 60034-1.

5. IEEE (2000), "*IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery*", IEEE Std 43-2000 [Online]. Tersedia: <https://standards.ieee.org/ieee/43/190/>. Diakses tanggal 02 Mei 2025.
6. H. Abdillah, M. A. Baihaqi, L. Hakim., A. Analisa, H. Arista (2023), "*Analisis Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa*" Program Studi Teknik Elektro & Teknik Informatika Universitas Panca Marga.
7. Atika Rossydina P. P. , Heru Sufianto (2018) , "*Sistem Proteksi Kebakaran pada Gedung UKM Universitas Brawijaya Malang*" Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. *Jurnal Mahasiswa Departemen Arsitektur* 6(1) : 1-11
8. Kamula Luna Zulfardi , Andreas F. V. Roy (2023), "*Penilaian Sistem Proteksi dan Kesesuaian Jalur Evakuasi Kebakaran pada Gedung PPAG 2 Universitas Katolik Parahyangan*". *Journal of Sustainable Construction* 2(2) : 22-37
9. Yesi Aprilia Savitri (2017), "*Analisa Faktor Penghambat Proses Evakuasi di Apartemen X*", Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
10. Badan Standarisasi Nasional (2000) "*SNI 03-1736-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung*".
11. Sin-Dong Kang, Jae-Ho Kim (2020), "*Investigation on the Insulation Resistance Characteristics of Low Voltage Cable*" Department of Fire & Disaster Prevention Engineering, Daejeon University.