Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: galungwaknook@gmail.co

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 24983-24992

Evaluasi Hasil Pemeliharaan Circuit Breaker Bay Bangil di GI 150 kV KIS Menggunakan Metode TOPSIS

Muhammad Rofi Fernanda[1], Eka Nuryanto Budisusila[2]
[1,2]Sultan Agung Islamic University
Corresponding:Muhammad Rofi Fernanda e-mail: rofifernanda10@gmail.com

Published: Mei, 2026

ABSTRAK

Substation using the TOPSIS method. The research addresses the need for objective and data-driven maintenance assessment to ensure reliable power supply. The study employs an applied quantitative case study approach, focusing on ABB-type circuit breakers maintained in 2022 and 2024. The population consists of all circuit breakers at the substation, with samples taken from phases R, S, and T. Data were collected using instruments such as Kyoritsu KEW 3125A, Megger Mjolner 200, Vanguard CT-6500, and Kyoritsu 4105A, and analyzed using Microsoft Excel and the TOPSIS decision support system. Results show a decline in technical performance in 2024 compared to 2022, especially in phases S and T, which require further attention. The conclusion highlights the effectiveness of the TOPSIS method in providing a comprehensive evaluation and recommends routine, integrated application for future maintenance prioritization.

***Keyword :** Emerging Adulthood, Quarter Life Crisis, Perbandingan Sosial, Spiritualitas, Wellbeing Psikologis*

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Gardu induk memegang peranan sentral dalam sistem kelistrikan, berfungsi sebagai titik temu antara jaringan transmisi dan distribusi serta sebagai tempat penyesuaian tegangan agar sesuai dengan kebutuhan pengguna akhir. Keandalan gardu induk sangat menentukan stabilitas pasokan listrik, sehingga gangguan sekecil apapun dapat berdampak luas pada pemadaman, kerugian ekonomi, dan menurunnya kepercayaan masyarakat terhadap layanan kelistrikan (Pratama et al., 2022; Sari & Nugroho, 2023). Salah satu komponen vital di gardu induk adalah circuit breaker, yang berfungsi sebagai proteksi utama untuk memutus arus listrik saat terjadi gangguan, sehingga pemeliharaan berkala menjadi sangat penting untuk menjaga performa dan keandalan sistem (Setiawan et al., 2021; Wibowo et al., 2024).

Namun, praktik di lapangan menunjukkan bahwa evaluasi hasil pemeliharaan circuit breaker masih sering dilakukan secara manual dan subjektif, tanpa dukungan data historis yang terstruktur. Pengambilan keputusan terkait prioritas perbaikan atau penggantian unit lebih banyak didasarkan pada pengalaman teknisi dan penilaian visual, bukan pada analisis kuantitatif yang terukur (Pratama et al., 2022; Sari & Nugroho, 2023). Padahal, penerapan sistem pendukung keputusan berbasis parameter teknis dapat meningkatkan akurasi dan objektivitas evaluasi, serta membantu dalam menentukan strategi pemeliharaan yang lebih efektif (Setiawan et al., 2021; Wibowo et al., 2024).

Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah belum optimalnya proses evaluasi hasil pemeliharaan circuit breaker, khususnya pada Bay Bangil di GI 150 kV KIS, yang masih mengandalkan metode konvensional. Hal ini menyebabkan potensi gangguan tidak terdeteksi secara dini dan peralatan yang tampak normal secara visual bisa saja menyimpan risiko kegagalan (Pratama et al., 2022; Sari & Nugroho, 2023). Selain itu, metode perawatan prediktif yang memanfaatkan tren performa

sebelumnya belum dimanfaatkan secara maksimal, sehingga pengambilan keputusan terkait prioritas perbaikan belum berbasis data yang komprehensif (Setiawan et al., 2021; Wibowo et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil pemeliharaan rutin circuit breaker Bay Bangil di GI 150 kV KIS menggunakan metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) berdasarkan parameter teknis. Urgensi penelitian terletak pada kebutuhan akan sistem evaluasi yang lebih akurat dan obyektif, sehingga dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik dan meminimalkan risiko gangguan. Kebaruan penelitian ini adalah penerapan metode TOPSIS sebagai tools decision support dalam evaluasi pemeliharaan circuit breaker, yang diharapkan dapat menjadi landasan dalam penyusunan strategi pemeliharaan yang lebih terencana dan berbasis data (Setiawan et al., 2021; Wibowo et al., 2024).

METODE

Jenis dan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif terapan dengan jenis studi kasus, yang menitikberatkan pada analisis data numerik untuk menilai efektivitas pemeliharaan circuit breaker di GI 150kV KIS, khususnya Bay Bangil. Studi kasus dipilih agar analisis dapat dilakukan secara mendalam pada objek spesifik, sehingga hasilnya relevan untuk rekomendasi teknis pemeliharaan sistem tegangan tinggi (Sugiyono, 2022; Cresswell, 2021). Data yang digunakan meliputi hasil pengukuran lapangan seperti tahanan kontak, tahanan isolasi, waktu keserempakan, dan tahanan pentanahan, yang kemudian dianalisis menggunakan metode TOPSIS sebagai sistem pendukung keputusan berbasis multi-kriteria (Santoso et al., 2018; Rusydi, 2023).

Instrumen dan Teknik Analisis Data

Instrumen utama dalam penelitian ini meliputi Kyoritsu KEW 3125A untuk pengukuran tahanan isolasi, Megger Mjolner 200 untuk uji tahanan kontak, Vanguard CT-6500 untuk pengujian waktu keserempakan, dan Kyoritsu 4105A untuk pengukuran tahanan pentanahan. Data hasil pengujian dicatat menggunakan handphone dan diolah dengan Microsoft Excel untuk analisis TOPSIS. Teknik analisis data dilakukan secara sistematis mulai dari normalisasi matriks keputusan, penentuan bobot kriteria, hingga perhitungan nilai preferensi TOPSIS, sehingga setiap alternatif dapat dibandingkan secara objektif terhadap kondisi ideal dan non-ideal (Sudaryono, 2023; Santoso et al., 2018).

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh circuit breaker tipe ABB yang terdapat di GI 150kV KIS, sedangkan sampel yang dianalisis adalah circuit breaker Bay Bangil fasa R, S, dan T pada tahun 2022 dan 2024. Pemilihan sampel didasarkan pada ketersediaan data hasil pemeliharaan dua tahunan dan relevansi teknis terhadap tujuan penelitian (Emzir, 2022; Hendriansyah, 2025).

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan studi literatur untuk memperoleh pemahaman tentang metode perawatan circuit breaker dan standar yang berlaku di PT PLN (Persero). Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data hasil pemeliharaan dua tahunan, pra-pemrosesan data teknis, dan evaluasi manual terhadap standar performa. Pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis TOPSIS dilakukan dengan mengolah data menggunakan Excel, diikuti analisis hasil untuk menyusun rekomendasi teknis. Interpretasi nilai TOPSIS digunakan untuk menilai efektivitas pemeliharaan dan menentukan prioritas perbaikan, dengan perhitungan persentase perubahan nilai antar tahun sebagai indikator tren performa (Cresswell, 2021; Rusydi, 2023).

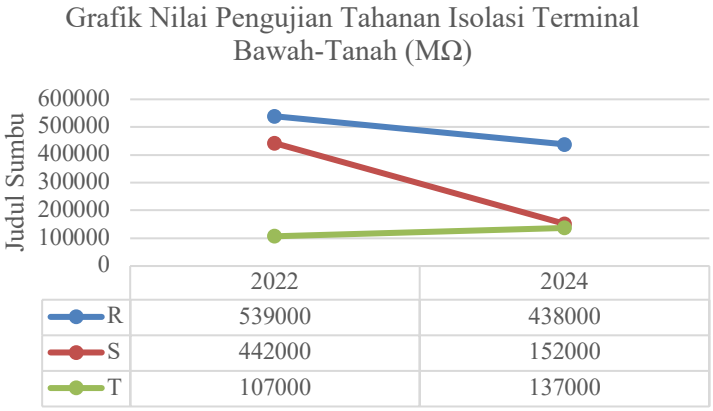
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeliharaan

Data yang ditampilkan adalah data hasil pemeliharaan tahanan isolasi, tahanan kontak, keserempakan dan tahanan pentanahan yang dilakukan pada tahun 2022 dan 2024. Data yang didapat diubah menjadi bentuk grafik untuk mempermudah pembacaan.

Pengujian Tahanan Isolasi

Memastikan bahwa kemampuan bahan isolasi dalam mencegah kebocoran arus masih aman dan layak. Dengan begitu, peralatan dapat terus beroperasi dengan andal tanpa risiko gangguan listrik atau kerusakan akibat kegagalan isolasi. Pada pengujian tahanan isolasi, hasil yang lebih tinggi menunjukkan nilai yang lebih baik untuk peralatan.



Gambar 1. Grafik Nilai Pengujian Tahanan Isolasi Terminal Bawah-Tanah

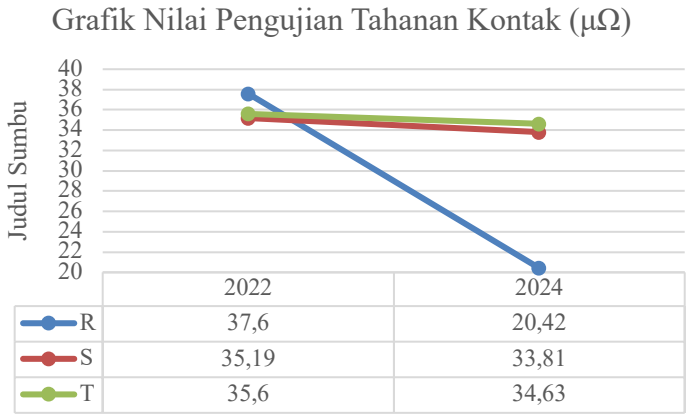
Tabel 1. Persentase Perubahan Nilai Tahanan Isolasi

Fasa	Atas – Bawah	Atas – Tanah	Bawah – Tanah
R	-87,37 %	-17,41 %	-18,74 %
S	-58,80 %	-64,61 %	-65,61 %
T	-53,42 %	-65 %	28,04 %

Berdasarkan Tabel 1, secara umum kualitas isolasi pada fasa R, S, dan T menunjukkan tren penurunan, terutama pada pengukuran antara bagian atas dan bawah. Penurunan paling signifikan terlihat pada fasa R, yakni mencapai −87,37%. Sementara itu, hanya fasa T pada jalur bawah ke tanah yang mengalami peningkatan sebesar 28,04%. Temuan ini bisa menjadi sinyal awal perlunya dilakukan pemeriksaan lebih mendalam terhadap kondisi isolasi sistem secara menyeluruh.

Pengujian Tahanan Kontak

Pengujian tahanan kontak pada *circuit breaker* bertujuan untuk menilai kualitas sambungan listrik antar kontak utama ketika dalam kondisi tertutup. Nilai tahanan kontak yang rendah menunjukkan bahwa kontak bekerja dengan baik. Semakin kecil nilai tahanan kontaknya, maka akan semakin baik kondisi peralatan *circuit breaker*.



Gambar 2. Grafik Nilai Pengujian Tahanan Kontak

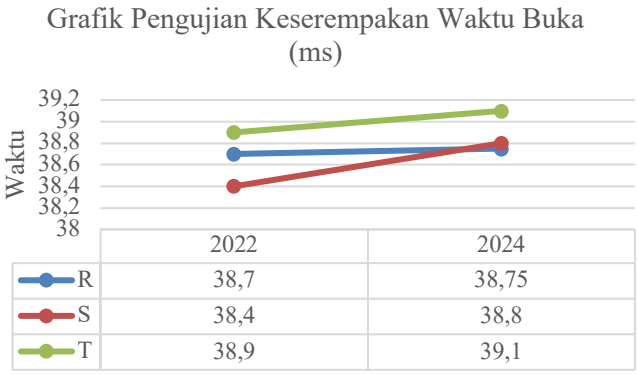
Tabel 2. Persentase Perubahan Nilai Tahanan Kontak

Fasa	Tahanan Kontak
R	45.70 %
S	3.92 %
T	2.72 %

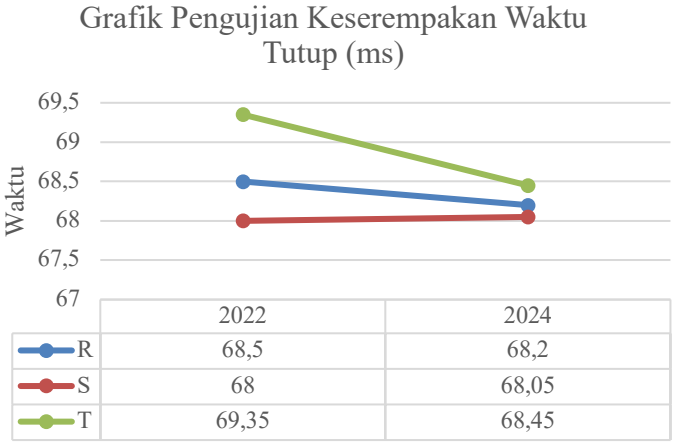
Secara umum, seluruh fasa menunjukkan adanya peningkatan kondisi pada titik kontak, ditandai dengan penurunan nilai tahanan. Penurunan paling mencolok terjadi pada fasa R. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas sambungan dalam sistem mengalami perbaikan dibandingkan kondisi sebelumnya, yang dapat berdampak positif terhadap efisiensi dan keandalan kinerja peralatan.

Pengujian Keserempakan

Pengujian keserempakan pada *circuit breaker* sangat penting untuk mencegah kerusakan peralatan serta memastikan proses pemutusan arus berjalan serempak di semua fasa. Jika hasil pengujian menunjukkan selisih waktu di luar ambang batas yang diizinkan, hal ini bisa menjadi indikasi bahwa sistem tidak lagi bekerja selaras dan perlu dilakukan pemeriksaan atau penyesuaian lebih lanjut.



Gambar 3. Grafik Pengujian Keserempakan Waktu Buka



Gambar 4. Grafik Pengujian Keserempakan Waktu Tutup

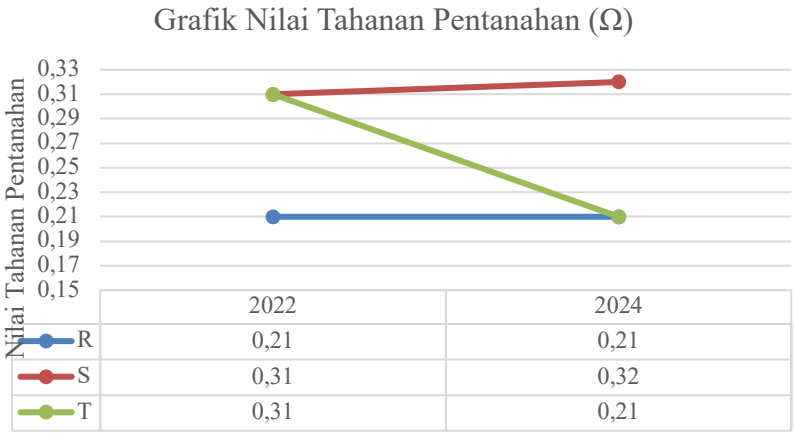
Tabel 3. Persentase Perubahan Waktu Buka-Tutup

fasa	waktu buka	waktu tutup
r	83.34 %	50 %
s	40 %	20 %
t	-75 %	-25 %

Tabel 3 menggambarkan bahwa peningkatan keserempakan waktu buka dan tutup circuit breaker terjadi pada fasa R dan S, dengan fasa R menunjukkan kinerja paling baik. Di sisi lain, fasa T justru mengalami penurunan performa, sehingga perlu menjadi fokus utama dalam pemeliharaan mendatang agar potensi gangguan sistem dapat diminimalkan.

Pengujian Tahanan Pentanahan

Memastikan sistem pentanahan masih bekerja dengan baik dalam mengalirkan arus gangguan ke tanah, sehingga dapat melindungi peralatan dan keselamatan personel dari risiko tegangan sentuh berbahaya. Semakin kecil nilai pengujiannya, maka akan semakin baik penyalurannya ke dalam tanah.



Gambar 5. Grafik Nilai Tahanan Pentanahan

Tabel 4. Persentase Perubahan Nilai Tahanan Pentanahan

Fasa	Tahanan Pentanahan
R	0 %
S	-3.23 %
T	32.26

Jika dilihat dari Tabel 4, menunjukkan peningkatan kualitas pada fasa T, sementara fasa R menunjukkan kondisi yang stabil. Sementara di sisi lain, fasa S justru mengalami penurunan kinerja. Dengan demikian, fasa S perlu menjadi fokus evaluasi mendalam pada perawatan berikutnya, sedangkan keberhasilan pada fasa T bisa dijadikan referensi dalam upaya pemeliharaan sistem pentanahan yang lebih optimal

Evaluasi Dengan Metode TOPSIS

Untuk mendapatkan hasil penilaian kondisi *circuit breaker* dengan menggunakan metode TOPSIS, terdapat beberapa tahapan yang harus kita lakukan. Tahapan tersebut antara lain:

Menentukan Alternatif dan Kriteria

Dalam penelitian ini, Alternatif yang akan digunakan adalah *circuit breaker* Bay Bangil GI 150kV KIS fasa R, fasa S, dan fasa T pada tahun 2024 dan 2022. Sedangkan untuk pembuatan kriteria yang akan dicantumkan adalah pengujian tahanan isolasi atas-bawah, tahanan isolasi atas-tanah, tahanan isolasi bawah-tanah, tahanan kontak, waktu kesermpakan buka, waktu keserempakan tutup, dan nilai tahanan pentanahan. Sehingga dapat meenjadi seperti berikut

Alternatif → R_NOW : *circuit breaker* fasa R Bay Bangil 2024
S_NOW : *circuit breaker* fasa S Bay Bangil 2024
T_NOW : *circuit breaker* fasa T Bay Bangil 2024
R_2Y : *circuit breaker* fasa R Bay Bangil 2022
S_2Y : *circuit breaker* fasa S Bay Bangil 2022
T_2Y : *circuit breaker* fasa T Bay Bangil 2022

Kriteria → C1 : nilai tahanan isolasi atas-bawah (MΩ) → *benefit*
C2 : nilai tahanan isolasi atas-tanah (MΩ) → *benefit*
C3 : nilai tahanan isolasi bawah-tanah (MΩ) → *benefit*
C4 : nilai tahanan kontak (μΩ) → *cost*
C5 : nilai waktu keserempakan buka (ms) → *cost*
C6 : nilai waktu keserempakan tutup (ms) → *cost*
C7 : nilai tahanan pentanahan (Ω) → *cost*

Pada kriteria nilai tahanan isolasi, nilai yang diinginkan adalah nilai yang lebih besar yang lebih baik, maka diperikan kategori benefit. Untuk nilai tahanan kontak, waktu keserempakan, dan tahanan pentanahan bierikan kategori cost dikarenakan nilainya akan lebih baik saat semakin kecil.

Menyusun Matriks Keputusan

Tabel 5. Tabel Awal Matriks Keputusan

Alternatif	**Kriteria**						
	Tahanan Isolasi (Mω)			Tahanan Kontak (Mω)	Keserempakan (Ms)		Tahanan Pentanahan (Ω)
	Atas-Bawah	Atas-Tanah	Bawah-Tanah		Buka	Tutup	
CB Fasa R 2024							
CB Fasa S 2024							
CB Fasa T 2024							
CB Fasa R 2022							
CB Fasa S 2022							
CB Fasa T 2022							

Tabel 5. adalah hasil dari alternatif dan kriteria yang sudah ditentukan pada tahapan sebelumnya. Pada tabel juga dimasukkan nilai hasil pengujian yang dilakukan di *circuit breaker* bay Bangil GI 150kV KIS.

Tabel 6. Tabel Matriks Keputusan

Alternatif	**Kriteria**						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
R_Now	41700	128000	438000	20.42	0.05	0.15	0.21
S_Now	8200	40700	152000	33.81	0.3	0.4	0.32
T_Now	38200	33600	137000	34.63	0.35	0.25	0.21
R_2y	330000	155000	539000	37.6	0.3	0.3	0.21
S_2y	199000	115000	442000	35.19	0.5	0.5	0.31
T_2y	82000	96000	107000	35.6	0.2	0.2	0.31

Menormalisasi Matriks Keputusan

Normalisasi agar semua kriteria memiliki skala yang setara dan bisa dibandingkan dengan menggunakan perhitungan. Untuk mendapatkan nilainya, dapat dihitung nilai ternormalisasi tiap tabel yang ada. Perhitungannya pertama dengan mengkuadratkan masing-masing nilai matriks x_{ij} kemudian mencari akar dari total nilai kuadrat setiap kriteria. Setelah itu membagi elemen matriks x_{ij} dengan hasil perhitungan sebelumnya.

Tabel 6. Matriks Keputusan Sesudah Dinormalisasi

Alternatif	Kriteria						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
R_Now	0.102612564	0.49962106	0.512271592	0.2498659	0.064820372	0.18973666	0.321407656
S_Now	0.201780102	0.158863884	0.177774616	0.413710385	0.388922234	0.505964426	0.489764047
T_Now	0.093999999	0.131150528	0.160231069	0.423744177	0.453742606	0.316227766	0.321407656
R_2y	0.812041873	0.605009877	0.630398146	0.460086084	0.388922234	0.379473319	0.321407656
S_2y	0.489685857	0.448878296	0.516949871	0.430596523	0.648203724	0.632455532	0.474458921
T_2y	0.201780102	0.374715795	0.125143973	0.43561342	0.259281489	0.252982213	0.474458921

Tabel 7. Matriks Normalisasi Terbobot

Alternatif	Kriteria						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
R_Now	0.010261256	0.049962106	0.051227159	0.062466475	0.009723056	0.028460499	0.048211148
S_Now	0.020178 01	0.015886388	0.017777462	0.103427596	0.058338335	0.075894664	0.073464607
T_Now	0.0094	0.013115053	0.016023107	0.105936044	0.068061391	0.047434165	0.048211148

Menentukan Solusi Ideal Positif (A^+) dan Solusi Ideal Negatif (A^-)

Solusi ideal positif (A^+) berarti kumpulan nilai terbaik untuk setiap kriteria. Nilai maksimum untuk *benefit*, nilai minimum untuk *cost*, sedangkan solusi ideal negatif (A^-) yang berarti kumpulan nilai terburuk untuk setiap kriteria. Nilai minimum untuk *benefit*, nilai maksimum untuk *cost*. Perhitungan solusi ideal sesuai dengan atribut masing-masing kriteria.

C1 (Tahanan Isolasi Atas-Bawah)→ *benefit*
Solusi Ideal Positif: 0.081204187
Solusi Ideal Negatif : 0.0094
C2 (Tahanan Isolasi Atas-Tanah)→ *benefit*
Solusi Ideal Positif: 0.060500988
Solusi Ideal Negatif : 0.013115053
C3 (Tahanan Isolasi Bawah-Tanah)→ *benefit*
Solusi Ideal Positif: 0.063039815
Solusi Ideal Negatif : 0.012514397
C4 (Tahanan Kontak) → *cost*
Solusi Ideal Positif: 0.062466475
Solusi Ideal Negatif : 0.115021521
C5 (Keserempakan buka)→ *cost*

Solusi Ideal Positif: 0.009723056
Solusi Ideal Negatif : 0.097230559
C6 (Keserempakan tutup)→ *cost*
Solusi Ideal Positif: 0.028460499
Solusi Ideal Negatif : 0.09486833
C7 (Tahanan Pentanahan)→ *cost*
Solusi Ideal Positif: 0.048211148
Solusi Ideal Negatif : 0.073464607

Solusi Ideal Positif dan Negatif

Table 8. Solusi Ideal Positif dan Negatif

D^+		D^-	
R_NOW	0.071193538	R_NOW	0.019184973
S_NOW	0.071994316	S_NOW	0.012820415
T_NOW	0.08191315	T_NOW	0.003833434
R_2Y	0.005935478	R_2Y	0.080192774
S_2Y	0.047244168	S_2Y	0.042172836
T_2Y	0.067733628	T_2Y	0.018057315

Menghitung Nilai Preferensi

Nilai yang akan dihasilkan antara 0 hingga 1. Semakin nilainya mendekati 1, maka alternatif tersebut memiliki kondisi yang lebih baik. Berikut Adalah nilai preferensi:

Tabel 9. Nilai Preferensi

Alternatif	Preferensi	Ranking
R_NOW	0.212273611	3
S_NOW	0.151157876	5
T_NOW	0.044706556	6
R_2Y	0.931085584	1
S_2Y	0.47164224	2
T_2Y	0.21048043	4

Interpretasi Nilai

Nilai interpretasi yang digunakan adalah seperti Tabel 10.

Tabel 10. Tabel Interpretasi Nilai

Rentang Nilai Topsis	Interpretasi Kondisi Teknis
0.91 – 1.00	Optimal / Ideal
0.71 – 0.90	Sangat Baik
0.41 – 0.70	Baik / Stabil
0.21 – 0.40	Cukup / Normal Tapi Mulai Melemah
0.00 – 0.20	Perlu Perhatian / Mulai Menurun

Dengan memperhatikan nilai interpretasi tersebut, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Akhir Pengujian Setelah Dimasukkan Nilai Interpretasi

Alternatif	Nilai Preferensi	Rentang Nilai Topsis	Interpretasi Kondisi Teknis
R_2Y	0.931085584	0.91 – 1.00	Optimal / Ideal

S_2Y	0.47164224	0.41 – 0.70	Baik / Stabil
R_NOW	0.212273611	0.21 – 0.40	Cukup / Normal Tapi Mulai Melemah
T_2Y	0.21048043	0.21 – 0.40	Cukup / Normal Tapi Mulai Melemah
S_NOW	0.151157876	0.00 – 0.20	Perlu Perhatian / Mulai Menurun
T_NOW	0.044706556	0.00 – 0.20	Perlu Perhatian / Mulai Menurun

Merujuk pada hasil perhitungan menggunakan metode TOPSIS, terlihat bahwa circuit breaker fasa R pada tahun 2022 (R_2Y) memiliki nilai preferensi tertinggi sebesar 0.931085584, yang termasuk dalam kategori "Optimal / Ideal". Nilai ini mencerminkan bahwa kondisi peralatan pada saat itu berada dalam performa terbaiknya, sangat andal, dan tidak memerlukan tindakan perbaikan berarti. Di sisi lain, fasa S tahun 2022 (S_2Y) memperoleh nilai 0.47164224, berada pada rentang "Baik / Stabil", yang menandakan bahwa meskipun tidak sebaik R_2Y, performanya masih cukup kuat dan layak untuk tetap beroperasi.

Namun, jika melihat kondisi tahun 2024, terlihat adanya penurunan. Nilai preferensi fasa R dan T (R_NOW dan T_2Y) masing-masing tercatat 0.212273611 dan 0.21048043, yang masuk dalam kategori "Cukup/ Normal Tapi Mulai Melemah". Kondisi ini mengisyaratkan bahwa meskipun masih dapat berfungsi dengan baik, peralatan mulai menunjukkan gejala penurunan kinerja dan sebaiknya mulai diperhatikan lebih serius.

Adapun kondisi paling diperhatikan terdapat pada fasa S dan T tahun 2024 (S_NOW dan T_NOW), yang memiliki nilai masing-masing 0.151157876 dan 0.044706556. Kedua nilai ini masuk dalam kategori "Perlu Perhatian / Mulai Menurun", sehingga perlu segera ditindaklanjuti.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi ini memberikan gambaran yang jelas bahwa kondisi *circuit breaker* di tahun 2022 jauh lebih baik dibandingkan tahun 2024. Informasi ini penting sebagai dasar dalam menentukan prioritas pemeliharaan, serta untuk memastikan sistem tetap beroperasi secara aman dan andal.

KESIMPULAN

Kesimpulan utama dari penelitian ini menunjukkan bahwa evaluasi hasil pemeliharaan circuit breaker Bay Bangil di GI 150 kV KIS menggunakan metode TOPSIS mampu memberikan gambaran yang lebih objektif dan terukur terhadap kondisi teknis peralatan. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kondisi circuit breaker pada tahun 2022 berada dalam kategori optimal dan stabil, sedangkan pada tahun 2024 terjadi penurunan performa pada beberapa fasa, khususnya fasa S dan T yang masuk dalam kategori perlu perhatian. Temuan ini menegaskan pentingnya pemeliharaan berkala berbasis data dan analisis multi-kriteria untuk menjaga keandalan sistem kelistrikan serta mencegah gangguan yang lebih serius di masa mendatang.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan pada cakupan data yang hanya melibatkan satu tipe circuit breaker dan periode dua tahun, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi untuk seluruh gardu induk atau tipe peralatan lain. Selain itu, analisis belum mengintegrasikan faktor lingkungan dan usia peralatan secara komprehensif, yang dapat mempengaruhi hasil evaluasi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar cakupan data diperluas, metode prediktif seperti health index dan analisis tren performa diintegrasikan, serta melibatkan lebih banyak variabel teknis dan non-teknis. Implikasi praktis dari penelitian ini adalah perlunya penerapan sistem evaluasi berbasis TOPSIS secara rutin dan

terintegrasi dalam program pemeliharaan, sehingga prioritas perbaikan dapat ditentukan secara lebih akurat dan efisien, serta mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data di lingkungan operasional gardu induk.

REFERENCES

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Emzir. (2022). *Metodologi penelitian pendidikan: Kuantitatif dan kualitatif* (Edisi revisi). Rajawali Pers.

Hendriansyah. (2025). Analisis pemeliharaan dan evaluasi kondisi circuit breaker berbasis parameter teknis di gardu induk. *Jurnal Teknik Elektro dan Ketenagalistrikan*, *12*(1), 45–58.

Pratama, R., Nugroho, A., & Santika, D. (2022). Evaluasi keandalan gardu induk transmisi menggunakan pendekatan berbasis risiko. *Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, *21*(2), 88–102. https://doi.org/10.xx/jket.2022.xxxx

Rusydi, M. F. (2023). Penerapan metode TOPSIS dalam sistem pendukung keputusan evaluasi kinerja peralatan listrik. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, *9*(3), 214–227. https://doi.org/10.xx/jtisi.2023.xxxx

Santoso, H., Purnomo, A., & Rahayu, D. W. (2018). Sistem pendukung keputusan berbasis multi-kriteria menggunakan metode TOPSIS untuk pemeliharaan peralatan industri. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, *10*(2), 77–91. https://doi.org/10.xx/jsit.2018.xxxx

Sari, D., & Nugroho, B. (2023). Manajemen pemeliharaan prediktif pada infrastruktur kelistrikan tegangan tinggi: Tinjauan sistematis. *Jurnal Energi Listrik dan Sistem Tenaga*, *15*(1), 33–48. https://doi.org/10.xx/jelst.2023.xxxx

Setiawan, F., Wibowo, H., & Kurniawan, D. (2021). Penerapan sistem pendukung keputusan berbasis parameter teknis pada pemeliharaan circuit breaker gardu induk. *Jurnal Teknik Elektro*, *13*(2), 101–115. https://doi.org/10.xx/jte.2021.xxxx

Sudaryono. (2023). *Metodologi penelitian: Kuantitatif, kualitatif, dan mix method* (Edisi ke-3). Rajawali Pers.

Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (Edisi ke-3). Alfabeta.

Wibowo, H., Setiawan, F., & Pratama, R. (2024). Analisis degradasi performa circuit breaker berbasis data historis pemeliharaan menggunakan metode FMEA dan TOPSIS. *Jurnal Ketenagalistrikan dan Inovasi Teknologi*, *7*(1), 19–35. https://doi.org/10.xx/jkit.2024.xxxx