



Penentuan Prioritas Pemeliharaan Trafo Distribusi dengan Integrasi Metode Delphi dan AHP

Freddi Haloho¹, Mohammad Isa Irawan²

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Email: freddi.haloho.30@gmail.com

ABSTRAK

Pemeliharaan trafo distribusi memiliki peran vital dalam menjaga kontinuitas dan keandalan suplai kelistrikan PLN. Saat ini, PLN mengimplementasikan pendekatan Condition Based Maintenance (CBM) dengan mengacu pada Health Index (HI) yang didapatkan dari hasil inspeksi Tier 1 dan Tier 2. Namun, dalam praktiknya proses penetapan prioritas pemeliharaan masih bergantung pada intuisi dan pengalaman teknis pengambil keputusan, sehingga berisiko menimbulkan inkonsistensi dalam pengambilan keputusan. Belum adanya mekanisme pembobotan kepentingan antar parameter HI serta relevansi indikator yang digunakan juga tidak mendukung pengambilan keputusan yang valid terhadap kondisi operasional terkini. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan metode penilaian HI yang lebih terstruktur dan adaptif melalui integrasi metode Delphi dan Analytical Hierarchy Process (AHP). Metode Delphi digunakan untuk mengidentifikasi parameter yang lebih relevan melalui pendapat ahli, sedangkan AHP digunakan untuk memperoleh bobot antar parameter secara logis dan konsisten. Meskipun AHP tidak sepenuhnya menghilangkan subjektivitas karena tetap bersandar pada penilaian ahli, metode ini memberikan pendekatan sistematis dan transparan dalam mengelola konflik antar kriteria. Penerapan metode Delphi menghasilkan tujuh parameter subkriteria dari 3 kriteria utama, yaitu kebocoran minyak, suhu body trafo, persentase beban, nilai pentanahan, kondisi fisik, usia trafo dan persentase arus netral. Parameter kebocoran minyak memiliki bobot paling tinggi (0,23) berdasarkan analisis AHP, menandakan dampak signifikan terhadap performa trafo. Penerapan metode ini terhadap 253 trafo distribusi menghasilkan urutan prioritas dalam tiga kelompok: prioritas I (4 trafo), prioritas II (54 trafo), dan prioritas III (195 trafo). Temuan dan validasi penelitian menunjukkan bahwa pendekatan berbasis pembobotan terstruktur mampu meningkatkan akurasi dan transparansi pengambilan keputusan dalam manajemen pemeliharaan aset distribusi.

Kata Kunci: Pemeliharaan Trafo Distribusi, Condition Based Maintenance (CBM), Health Index (HI), Delphi, AHP

ABSTRACT

Distribution transformer maintenance plays a critical role in ensuring the continuity and reliability of PLN's electricity supply. Currently, PLN employs a Condition-Based Maintenance (CBM) approach, relying on a Health Index (HI) derived from Tier 1 and Tier 2 inspection outcomes. However, in practice, determining maintenance priorities remains largely dependent on the intuition and technical experience of decision-makers, leading to potential inconsistencies in decision-making. Additionally, the absence of a structured weighting mechanism among HI parameters and unclear relevance of indicators used further hampers valid and reliable decision-making aligned with current operational conditions. This research aims to propose a structured and adaptive Health Index evaluation method through the integration of the Delphi and Analytical Hierarchy Process (AHP) methods. The Delphi method was employed to identify the most relevant parameters based on expert consensus, while the AHP method provided logical and consistent weighting among these parameters. Although AHP does not entirely eliminate subjectivity, as it still depends on expert judgments, it offers a systematic and transparent way to manage conflicting criteria effectively. The Delphi application yielded seven sub-criteria parameters grouped into three main criteria: oil leakage, transformer body temperature, load percentage, grounding value, physical condition, transformer age, and neutral current percentage. Based on AHP analysis, the oil leakage parameter was identified as having the

highest weighting (0.23), indicating its significant impact on transformer performance. Applying this methodology to 253 distribution transformers resulted in prioritizing maintenance into three categories: Priority I (4 transformers), Priority II (54 transformers), and Priority III (195 transformers). The findings and validation from this study demonstrate that a structured, weighting-based approach significantly enhances the accuracy and transparency of decision-making processes in asset maintenance management.

Keywords: *Distribution Transformer Maintenance, Condition-Based Maintenance (CBM), Health Index (HI), Delphi Method, Analytical Hierarchy Process (AHP)*

PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) memiliki tanggung jawab strategis untuk menjamin keandalan pasokan listrik secara berkelanjutan demi mendukung pertumbuhan ekonomi dan memenuhi harapan pelanggan. Secara operasional, PLN terbagi dalam tiga fungsi utama yaitu pembangkit, transmisi, dan distribusi. Masing-masing fungsi tersebut dijalankan melalui unit-unit operasional yang tersebar di berbagai wilayah di Indonesia, dengan peran dan tanggung jawab yang spesifik serta terintegrasi (Indriakati et al., 2022; Jati, 2021). PLN Serpong merupakan salah satu unit operasional distribusi di bawah Unit Induk Distribusi Banten (UID Banten). Unit ini bertanggung jawab terhadap kinerja keandalan sistem distribusi yang diukur melalui tiga indikator utama, yakni System Average Interruption Duration Index (SAIDI), System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), dan Energy Not Served (ENS). Salah satu aset kritikal dalam menunjang keandalan operasional sistem distribusi adalah trafo distribusi. Kegagalan pada aset trafo distribusi secara signifikan berdampak negatif terhadap ketiga indikator keandalan tersebut. Berdasarkan data historis kinerja PLN Serpong tahun 2020 hingga semester I 2024, gangguan pada trafo distribusi menunjukkan tren yang fluktuatif dan belum stabil. Bahkan pada tahun 2023, terjadi peningkatan gangguan sebesar 82% dibandingkan tahun sebelumnya. Meskipun PLN telah menerapkan pendekatan Condition Based Maintenance (CBM) berbasis Health Index (HI) sebagaimana tertuang dalam pedoman pemeliharaan trafo distribusi, fakta tersebut mengindikasikan adanya kelemahan dalam mekanisme pemeliharaan trafo distribusi eksisting (Ali & Abdelhadi, 2022; Ingemarsdotter et al., 2021; Noman et al., 2019; Quatrini et al., 2020).

HI diperoleh dari hasil inspeksi Tier 1 (meliputi pemantauan kondisi visual trafo distribusi dan hasil pengukuran) dan Tier 2 (hasil thermovision pada body dan bushing trafo). Skor HI yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan anomali menjadi tiga tingkat antara lain :rendah, sedang, dan tinggi untuk menentukan prioritas pemeliharaan. Evaluasi terhadap praktik di lapangan menunjukkan adanya gap yang signifikan antara rekomendasi perbaikan kategori anomali tinggi dan realisasi tindakan pemeliharaan yang dilakukan. Kondisi tersebut menyebabkan pengambilan keputusan prioritas pemeliharaan akan bersifat subjektif dan inkonsisten karena hanya berdasarkan intuisi dan pengalaman individu saat itu. Pada pedoman pemeliharaan trafo distribusi ,seluruh parameter inspeksi pada Tier 1 dan Tier 2 dinilai sama penting dan hingga saat ini belum ada ketentuan baku yang mengatur faktor pembobotan kepentingan antar parameter pada proses penentuan score HI. Seiring dengan perkembangan kondisi dan pengalaman temuan lapangan saat ini, identifikasi terhadap

parameter inspeksi HI juga diperlukan baik terhadap parameter kriteria maupun parameter sub-kriteria untuk mendapatkan hasil keputusan prioritas pemeliharaan yang lebih terstruktur dan realistis sesuai dengan yang dibutuhkan (Luo et al., 2023; Seitz et al., 2023; Sun et al., 2012; SUN et al., 2020; Yahaya et al., 2018).

Penelitian terdahulu terkait strategi penentuan prioritas pemeliharaan trafo distribusi serta bagaimana menerapkan metode penilaian kondisi trafo distribusi telah dilakukan. Penilaian terhadap HI trafo distribusi menggunakan metode scoring matrix dimana parameter yang digunakan didapatkan melalui kriteria visual yang meliputi kondisi fisik peralatan, terminasi peralatan, kesesuaian dan kelengkapan serta kriteria pengukuran online yang meliputi pengukuran arus, tegangan, tahanan pentanahan, arus bocor dan thermovison (Handani et al., 2024; Kurniawan et al., 2016; Rosyiddin & Baddarudin, 2023). Sejalan dengan itu, penelitian yang dilakukan oleh Setiawan (2022) menunjukkan bahwa integrasi antara parameter fisik, listrik, serta profil beban ke dalam Health Index dapat digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan dan penggantian unit transformator secara lebih sistematis pada pola pemeliharaan CBM. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Guo & Guo (2022), prioritas pemeliharaan didapatkan dengan mengusulkan model HI yang mengintegrasikan faktor penuaan isolasi berdasarkan lama operasi, tingkat beban, serta tingkat polusi lingkungan sebagai Theoretical Health Index (HI1), dan digabungkan dengan hasil pengujian teknis lapangan Test Health Index (HI2) untuk menghasilkan penilaian kondisi keseluruhan transformator. Namun demikian, penelitian tersebut masih menghadapi keterbatasan dalam aspek pembobotan kepentingan antar parameter HI yang belum transparan, serta belum sepenuhnya memperhitungkan relevansi masing-masing parameter terhadap kondisi operasional terkini. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang mampu mengakomodasi kompleksitas tersebut melalui metode pengambilan keputusan multikriteria (Multi-Criteria Decision Making / MCDM) yang lebih terstruktur dan adaptif.

Berdasarkan evaluasi terhadap implementasi pendekatan CBM dalam penentuan prioritas pemeliharaan trafo distribusi di PLN Serpong, serta telaah studi literatur yang relevan, penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan metode penilaian HI yang lebih terstruktur dan adaptif melalui integrasi metode Delphi dan Analytical Hierarchy Process (AHP). Metode Delphi digunakan untuk mengidentifikasi parameter yang paling relevan melalui pendapat ahli, sedangkan AHP digunakan untuk memperoleh bobot antar parameter secara logis dan konsisten. Meskipun AHP tidak sepenuhnya menghilangkan subjektivitas karena tetap bersandar pada penilaian ahli, metode ini memberikan pendekatan sistematis dan transparan dalam mengelola konflik antar kriteria. Selain memberikan kontribusi praktis dalam pengelolaan pemeliharaan aset transformator distribusi, penelitian ini juga dapat menjadi referensi dalam pengembangan model penilaian Health Index aset distribusi lain pada pola pemeliharaan berbasis kondisi di mana kasus penerapannya masih relatif terbatas pada infrastruktur kelistrikan di Indonesia.

Penelitian ini memberikan manfaat baik secara praktis maupun akademis. Secara praktis, hasil penelitian dapat digunakan oleh PLN Serpong dan unit distribusi lainnya untuk meningkatkan akurasi dan transparansi dalam menentukan prioritas pemeliharaan trafo distribusi. Dengan pendekatan terstruktur berbasis metode Delphi dan AHP, pengambilan

keputusan tidak lagi bergantung pada intuisi atau pengalaman individu, melainkan pada pembobotan parameter yang logis dan konsisten. Hal ini diharapkan dapat mengurangi risiko gangguan trafo, meningkatkan keandalan pasokan listrik, serta mengoptimalkan alokasi sumber daya pemeliharaan. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi acuan bagi industri kelistrikan dalam menerapkan model Condition-Based Maintenance (CBM) yang lebih adaptif terhadap kondisi operasional terkini.

Secara akademis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode Multi-Criteria Decision Making (MCDM) dalam manajemen aset distribusi, khususnya pada konteks Health Index (HI) trafo. Integrasi metode Delphi dan AHP yang diusulkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya, baik untuk trafo distribusi maupun aset kelistrikan lainnya. Temuan penelitian juga memperkaya literatur terkait pembobotan parameter HI dan uji sensitivitas, yang dapat diaplikasikan dalam berbagai studi serupa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi langsung bagi permasalahan teknis di lapangan, tetapi juga mendorong inovasi dalam pendekatan pemeliharaan berbasis kondisi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kasus dalam pengambilan keputusan untuk menentukan prioritas pemeliharaan trafo distribusi menggunakan integrasi metode Delphi dan AHP yang dilakukan di UID Banten PLN Serpong. Pengumpulan data dalam penelitian didapatkan melalui dua pendekatan antara lain data primer dan sekunder. Data primer didapatkan dari proses survey metode Delphi menggunakan sistem 6 points Likert Scale berupa hasil identifikasi parameter kriteria dan subkriteria yang relevan serta hasil kuisisioner metode AHP berupa bobot masing masing parameter kriteria dan subkriteria yang diperoleh melalui matriks perbandingan berpasangan sesuai tahapan proses AHP. Data Sekunder didapatkan dari data historis gangguan trafo distribusi serta data pemeliharaan berupa 253 Trafo Distribusi dengan ketentuan Inspeksi sesuai SLA Teknis Pemeliharaan Distribusi Tenaga Listrik.

Penelitian ini menggunakan populasi data berupa seluruh trafo distribusi yang berada di bawah pengelolaan PLN Serpong, Unit Induk Distribusi (UID) Banten, dengan total 253 unit trafo yang telah memenuhi ketentuan inspeksi sesuai Service Level Agreement (SLA) Teknis Pemeliharaan Distribusi Tenaga Listrik. Sampel data diambil secara menyeluruh (total sampling) dari populasi tersebut untuk memastikan representasi yang akurat dan komprehensif dalam analisis. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan purposive sampling, di mana kriteria inklusi meliputi trafo yang telah menjalani inspeksi Tier 1 dan Tier 2 serta memiliki data historis pemeliharaan yang lengkap. Instrumen penelitian terdiri dari kuesioner Delphi berbasis 6-point Likert Scale untuk mengidentifikasi parameter kriteria dan subkriteria relevan, serta matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) untuk pengumpulan data pembobotan AHP. Selain itu, data sekunder seperti laporan inspeksi dan historis gangguan juga digunakan untuk melengkapi analisis.

Data yang diperoleh dari kuesioner Delphi dianalisis secara statistik dengan menghitung median dan Interquartile Range (IQR) untuk menentukan konsensus ahli, di mana parameter dengan median ≥ 5 dan IQR ≤ 1 dianggap relevan. Selanjutnya, metode Analytical Hierarchy Process (AHP) diterapkan untuk menghitung bobot prioritas antar kriteria dan

subkriteria menggunakan matriks pairwise comparison, dengan konsistensi rasio (CR) sebagai indikator validitas. Hasil pembobotan kemudian diuji sensitivitas menggunakan metode Spearman Correlation Rank (SCR) untuk menilai stabilitas ranking terhadap perubahan bobot. Analisis akhir menghasilkan klasifikasi prioritas pemeliharaan trafo distribusi ke dalam tiga kelompok (Prioritas I, II, dan III) berdasarkan skor Health Index (HI) yang terstruktur, sehingga memberikan rekomendasi pemeliharaan yang objektif dan adaptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penarikan opini para responden menggunakan kuisioner Delphi dilakukan terhadap usulan parameter 3 kriteria utama dan 13 sub-kriteria yang telah ditetapkan. Hasil akhir dari metode Delphi adalah berupa daftar parameter dianggap penting dalam penentuan prioritas pemeliharaan trafo distribusi. Pada penelitian ini, parameter yang memiliki nilai median ≥ 5 dianggap layak atau relevan sedangkan nilai parameter dengan $IQR \leq 1$ dianggap telah mencapai konsesus. Sebagai langkah terakhir untuk menyimpulkan bahwa penarikan opini dengan metode Delphi dapat dihentikan pada putaran 3 adalah dengan mengetahui nilai standar deviasi nilai rata rata kelompok, rentang kuartil dan deviasi kuartil. Hasil pengolahan statistik, dari data rata-rata putaran I,II dan III metode Delphi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata rata putaran I,II dan III parameter terpilih

KODE	KRITERIA	PUTARAN		
		PUTARAN 1	PUTARAN 2	PUTARAN 3
K1	Pengamatan Visual			
SK1	Kebocoran Minyak Trafo	6	6	6
SK4	Kondisi Fisik Trafo	5	5,1	5,2
K2	Hasil Pengukuran			
SK5	Nilai Pentanahan	5	5,1	5,1
SK6	Persentase Arus Netral	5,2	5,3	5,4
SK8	Persentase Beban Trafo	5,4	5,1	5,1
SK9	Suhu Body Trafo	5	5,4	5,4
K3	Profil Data Aset			
SK13	Usia Trafo	5,0	5	5,1

Sumber: Data diolah

Tabel 2. Hasil Pengolahan Data Statistik Kuisioner Delphi

Putaran	Standar Deviasi	Q1	Q2	Q3	Rentang Quartil	Deviasi Quartil
1	0,37	5	5	5,4	0,4	0,2
2	0,34	5,1	5,1	5,4	0,3	0,15
3	0,33	5,1	5,2	5,4	0,3	0,15

Sumber: Data diolah

Tabel 2 menunjukkan nilai standar deviasi rata-rata, rentang kuartil dan deviasi kuartil pada putaran ke 3 menunjukkan variasi terkecil dengan rentang nilai tidak terlalu jauh. Dengan demikian, jawaban responden pada putaran III dapat dikatakan seragam atau konvergen dan cenderung kompromis.

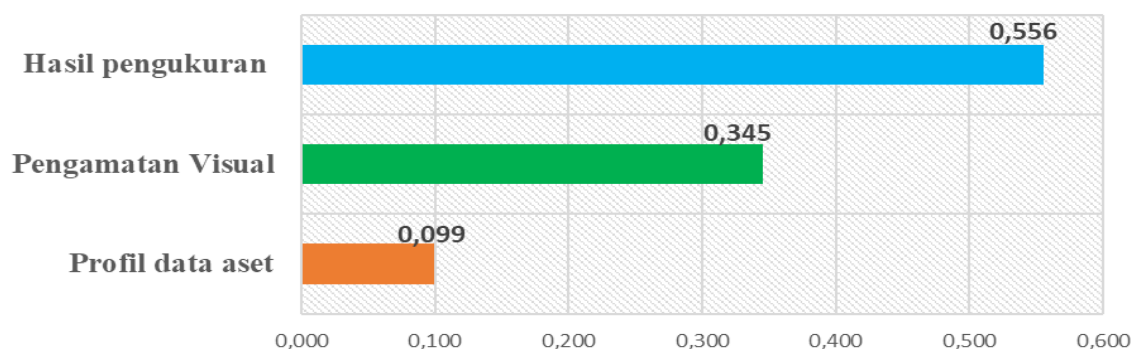
Perhitungan bobot prioritas tingkat kriteria dilakukan dengan cara mengkonversi data hasil kuisioner dan FGD penilaian antar kriteria yang telah diperoleh sebelumnya ke dalam matriks *pairwise comparison*. Perhitungan AHP dengan matriks *pairwise comparison* tingkat kriteria untuk mendapatkan bobot prioritas relatif antar kriteria ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Pairwise Comparison Tingkat Kriteria

Kriteria	Pengamatan visual	Hasil pengukuran	Profil data aset
Pengamatan visual	1	0,55	3,91
Hasil pengukuran	1,81	1	5
Profil data aset	0,25	0,2	1
	3,07	1,75	9,91

Sumber: Data diolah

Hasil perhitungan bobot prioritas relatif antar kriteria berupa grafik perbandingan vektor bobot antar kriteria ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Vektor Bobot Tingkat Kriteria

Sedangkan perhitungan AHP dengan matriks *pairwise comparison* tingkat sub-kriteria dilakukan untuk mendapatkan bobot prioritas relatif antar subkriteria, namun pada kriteria Profil Data Aset yang hanya memiliki 1 subkriteria yaitu Usia Trafo tidak memiliki matriks *pairwise comparison*. Perhitungan matriks *pairwise comparison* tingkat subkriteria ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Matriks Pairwise Comparison Subkriteria Pengamatan Visual

Sub-kriteria	Kebocoran minyak trafo	Kondisi fisik trafo
Kebocoran Minyak Trafo	1	2,08
Kondisi Fisik Trafo	0,48	1
	1,48	3,08

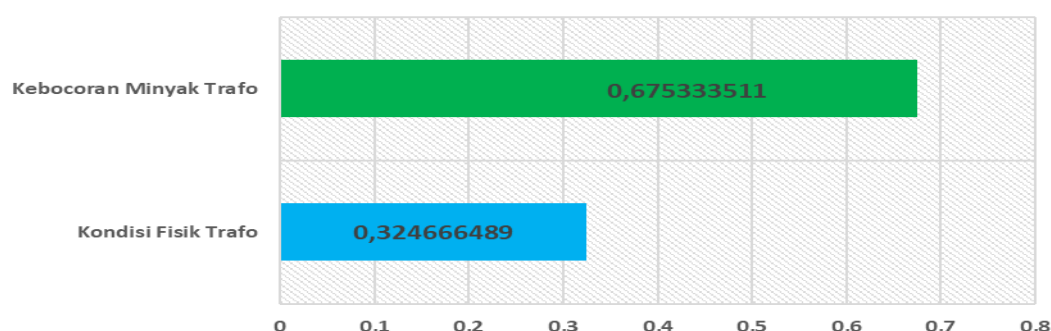
Tabel 5. Matriks Pairwise Comparison Subkriteria Hasil Pengukuran

Sub-kriteria	Nilai Pentanahan	Persentase Arus Netral	Persentase Beban Trafo	Suhu body Trafo
Nilai Pentanahan	1	1,58	0,87	0,5
Persentase Arus Netral	0,62	1	0,55	0,43

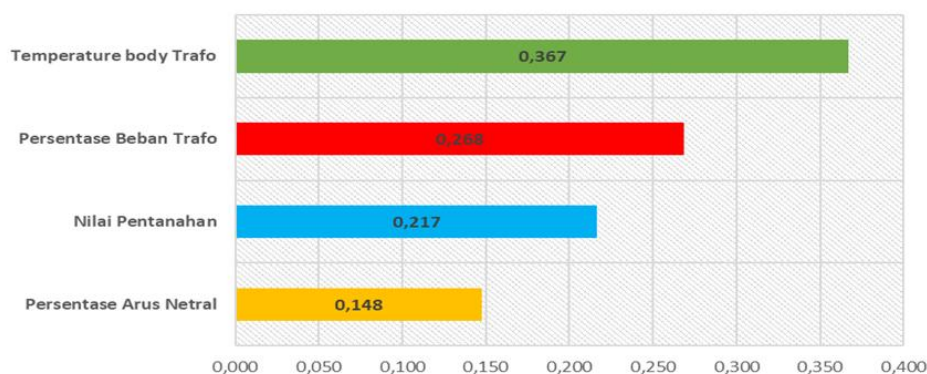
Sub-kriteria	Nilai Pentanahan	Persentase Arus Netral	Persentase Beban Trafo	Suhu body Trafo
Persentase Beban Trafo	1,14	1,81	1	0,79
Suhu body Trafo	2	2,28	1,25	1
	4,77	6,69	3,68	2,73

Sumber: Data diolah

Sedangkan hasil perhitungan bobot prioritas tingkat subkriteria pada Kriteria Pengamatan Visual dan Kriteria Hasil Pengukuran berupa grafik perbandingan vektor bobot antar subkriteria ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Grafik Vektor Bobot Subkriteria Pengamatan visual



Gambar 4. Grafik Vektor Bobot Subkriteria Hasil Pengukuran

Hasil akhir dari proses AHP berupa rekap bobot prioritas relatif dari masing masing sub-kriteria diperoleh dengan melakukan normalisasi bobot parsial subkriteria terhadap bobot kriteria yang bersesuaian dengan hasil pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekap Perhitungan Bobot Sub-kriteria Prioritas Pemeliharaan Trafo

No	Sub-kriteria	Bobot parsial	Normalisasi	Ranking
1	Kebocoran Minyak Trafo	0,6753	0,2329	I
2	Kondisi Fisik Trafo	0,3246	0,1119	V
3	Persentase Arus Netral	0,2167	0,1204	IV
4	Nilai Pentanahan	0,1476	0,0820	VII
5	Persentase Beban Trafo	0,2683	0,1491	III
6	Suhu body Trafo	0,3672	0,2040	II
7	Usia Trafo	0,0994	0,0994	VI

Sumber: Data diolah

Hasil uji sensitivitas dilakukan dengan menghitung nilai koefisien $\rho(\rho)$ dengan metode *Spearman Correlation Rank* (SCR) dengan empat skenario perubahan bobot yaitu: +10%, +15%, +20% dan -20% pada parameter dominan yaitu kriteria Hasil Pengukuran dan subkriteria Kebocoran Minyak Trafo. Dari hasil perhitungan analisa koefisien $\rho(\rho)$ metode *Spearman Correlation Rank* (SCR) pada kriteria Hasil Pengukuran didapatkan bahwa Skenario 1 pada simulasi dengan menaikkan bobot kriteria hasil pengukuran sebesar 10% diperoleh nilai koefisien $\rho(\rho)$ 0,991, Skenario 2 pada simulasi dengan bobot +15% dari bobot awal diperoleh nilai koefisien $\rho(\rho)$ 0,98, Skenario 3 dengan kenaikan bobot +20% diperoleh nilai koefisien $\rho(\rho)$ 0,966 dan Skenario 4 dengan bobot yang diturunkan sebesar -20% dari bobot awal diperoleh nilai koefisien $\rho(\rho)$ 0,963.

Sedangkan hasil perhitungan nilai korelasi dengan metode *Spearman Correlation Rank* pada subkriteria kebocoran minyak trafo didapatkan bahwa Skenario 1 pada simulasi dengan menaikkan bobot sub-kriteria Kebocoran Minyak Trafo sebesar 10% diperoleh nilai koefisien $\rho(\rho)$ 0,996, Skenario 2 pada simulasi dengan bobot +15% dari bobot awal diperoleh nilai koefisien $\rho(\rho)$ 0,992, Skenario 3 dengan kenaikan bobot +20% diperoleh nilai koefisien $\rho(\rho)$ 0,987 dan Skenario 4 dengan bobot yang diturunkan sebesar -20% dari bobot awal diperoleh nilai koefisien $\rho(\rho)$ 0,981. Seluruh hasil perhitungan didapatkan nilai koefisien $\rho(\rho) > 0,9$ sehingga dapat disimpulkan bahwa meskipun terjadi perubahan ranking pada trafo distribusi, hasil keputusan tersebut menunjukkan nilai korelasi yang kuat atau keputusan yang diperoleh dapat dikatakan stabil.

Dengan mengaplikasikan HI hasil pembobotan yang diperoleh pada penelitian sesuai standar ketentuan prioritas pemeliharaan trafo distribusi diperoleh hasil prioritas pemeliharaan dengan hasil sesuai Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Prioritas Pemeliharaan Trafo Distribusi
PRIORITAS PEMELIHARAAN PEMBOBOTAN AHP

Score Health Index (HI)	Jumlah Trafo	Interpretasi Kondisi	Prioritas	Tindak Lanjut
0,00 - 0,99	4	Buruk	I	Perbaikan Segera
1,00 - 1,59	54	Kurang	II	
1,60 - 2,59	188	Cukup	III	Pemeliharaan Periodik
2,60 - 3,00	7	Baik		

Sumber: Data diolah

KESIMPULAN

Hasil keseluruhan dari tahapan penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi metode Delphi dan Analytical Hierarchy Process (AHP) terbukti efektif dalam menyusun prioritas pemeliharaan trafo distribusi secara sistematis. Melalui pendekatan Delphi, para panelis ahli mencapai kesepakatan terhadap tujuh subkriteria yang dikelompokkan ke dalam tiga dimensi utama, yakni aspek pengamatan visual (yang mencakup indikator kebocoran minyak dan kondisi fisik trafo), hasil pengukuran (terdiri dari suhu badan trafo, nilai pentanahan, beban arus, arus netral), serta profil data aset (usia trafo). Analisis pembobotan menggunakan metode AHP menunjukkan bahwa aspek hasil pengukuran memiliki kontribusi terbesar (nilai bobot 0,56), diikuti oleh pengamatan visual (0,34), dan profil data aset (0,10). Di tingkat sub-kriteria,

indikator kebocoran minyak menempati urutan tertinggi dalam bobot kepentingan, disusul oleh suhu badan trafo, beban arus, dan parameter lainnya. Penerapan model Health Index terhadap 253 unit trafo distribusi memberikan pengelompokan prioritas ke dalam tiga level: prioritas I (sangat mendesak), prioritas II (menengah), dan prioritas III (rendah). Ini memberikan dasar kuantitatif dalam pengambilan keputusan pemeliharaan berbasis kondisi aktual lapangan. Uji sensitivitas dilakukan untuk menilai stabilitas model terhadap perubahan bobot pada kriteria dominan. Dengan menggunakan metode Spearman Rank Correlation, diperoleh nilai koefisien korelasi di atas 0,9 pada berbagai skenario perubahan bobot, yang mengindikasikan bahwa sistem peringkat tetap konsisten meskipun terjadi variasi pada nilai input. Oleh karena itu, pendekatan ini dinilai andal dan layak diterapkan sebagai model pengambilan keputusan prioritas pemeliharaan yang objektif dan adaptif terhadap perubahan parameter.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., & Abdelhadi, A. (2022). Condition-Based Monitoring and Maintenance: State of the Art Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/app12020688>
- Guo, H., & Guo, L. (2022). Health index for power transformer condition assessment based on operation history and test data. *Energy Reports*, 8, 9038–9045. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.07.041>
- Handani, G. P. C., Prasajo, R. A., Hakim, M. F., Zainal, M. R., Ridzki, I., & Wijaya, B. H. (2024). Evaluasi Metode Health Index Untuk Menentukan Prioritas Pemeliharaan Gardu Distribusi. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 11(3), 168–172.
- Indriakati, A. J., Zulfayani, A., & Siska, V. (2022). Analisis Pengaruh Biaya Operasional Terhadap Kinerja Keuangan Pada PT. PLN (Persero). *Jurnal Ilmiah Metansi (Manajemen Dan Akuntansi)*, 5(1). <https://doi.org/10.57093/metansi.v5i1.157>
- Ingemarsdotter, E., Kambanou, M. L., Jamsin, E., Sakao, T., & Balkenende, R. (2021). Challenges and solutions in condition-based maintenance implementation - A multiple case study. *Journal of Cleaner Production*, 296. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126420>
- Jati, I. W. (2021). Fungsi Perusahaan Listrik Negara (PLN) Sebagai Penyedia Tenaga Listrik Terhadap Konsumen Ditinjau Dari Undang-Undang Perlindungan Konsumen. *Aainul Haq: Jurnal Hukum Keluarga Islam*, 1(II).
- Kurniawan, A., Rahmawati, Y., & Putranto, H. (2016). Studi Performa Transformator Daya Menggunakan Metode Health Index di Gardu Induk Waru Sidoarjo. *Sinarfe72*.
- Luo, Y., Zou, X., Xiong, W., Yuan, X., Xu, K., Xin, Y., & Zhang, R. (2023). Dynamic State Evaluation Method of Power Transformer Based on Mahalanobis–Taguchi System and Health Index. *Energies*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/en16062765>
- Noman, M. A., Nasr, E. S. A., Al-Shayea, A., & Kaid, H. (2019). Overview of predictive condition based maintenance research using bibliometric indicators. In *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* (Vol. 31, Issue 4). <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2018.02.003>
- Quatrini, E., Costantino, F., Di Gravio, G., & Patriarca, R. (2020). Condition-based maintenance-An extensive literature review. In *Machines* (Vol. 8, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/MACHINES8020031>
- Rosyiddin, A., & Baddarudin, B. (2023). Analisis Prediksi Dan Kondisi Umur Transformator pada BAT GT 2.1 PLTGU Priok Menggunakan Metode Health Index. *Jurnal Teknologi Elektro*, 14(2). <https://doi.org/10.22441/jte.2023.v14i2.006>

- Seitz, S., Arnold, M., Tetzlaff, R., & Holstein, P. (2023). Self-Supervised Health Index Curve Generation for Condition-Based Predictive Maintenance. *Electronics (Switzerland)*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/electronics12244941>
- Setiawan, T. (2022). Kajian Pemeliharaan Trafo Distribusi Menggunakan Metode Condition Based Maintenance (CBM). *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, 2(2), 18–23.
- SUN, J., WANG, F., & NING, S. (2020). Aircraft air conditioning system health state estimation and prediction for predictive maintenance. *Chinese Journal of Aeronautics*, 33(3). <https://doi.org/10.1016/j.cja.2019.03.039>
- Sun, J., Zuo, H., Wang, W., & Pecht, M. G. (2012). Application of a state space modeling technique to system prognostics based on a health index for condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2011.09.029>
- Yahaya, M. S., Azis, N., Selva, A. M., Kadir, M. Z. A. A., Jasni, J., Hairi, M. H., Ghazali, Y. Z. Y., & Talib, M. A. (2018). Effect of pre-determined maintenance repair rates on the health index state distribution and performance condition curve based on the Markov Prediction Model for sustainable transformers asset management strategies. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103399>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).