



Metode Pemilihan Tindak Lanjut Pemeliharaan Pemutus Tegangan (PMT) 150 kV Berdasarkan Nilai *Condition Assessment Factor* (CAF) dan *Certainty Level* (CL)

Eko Yulianto^{1,2,*} Aghus Sofwan¹, Jaka Windarta¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

²PT PLN (Persero) Kantor Pusat

*Corresponding author: wasyafei@undip.ac.id

(Received: September 17, 2024; Accepted: October 16, 2024)

Abstract

Method for Selecting Follow-up Maintenance of 150 kV Voltage Breakers (PMT) Based on Condition Assessment Factor (CAF) and Certainty Level (CL) Values. The need for electricity customers in Indonesia to obtain reliable electricity supply is increasing with the increasing economic activities that depend on electricity supply. In ensuring the reliability of electricity supply, one of the most important locations to conduct routine testing is the 150 kV substation, where one of the main transmission materials, the Voltage Breaker (PMT), functions as a switch so that it requires an evaluation of its health condition. One of the 150 kV PMT health evaluation methods developed [A11] by PT PLN Transmission Division based on routine test data is called the Condition Assessment Factor (CAF) and Certainty Level (CL). The results of the CAF value indicate the overall health condition of the PMT being assessed, based on PLN standards, a value limit of 1-9 is used where a value of 1 is poor condition and a value of 9 is very good condition. For the CL value results, percentage units are used with a value of 100% being the condition where all tests are met while values below indicate that some tests have not been carried out. The combination of CAF and CL values will be used as decision making in producing the right form of follow-up in the 150 kV PMT maintenance process.

Keywords: condition assessment factor, circuit breaker, certainty level, maintenance

Abstrak

Kebutuhan pelanggan listrik di Indonesia untuk mendapatkan keandalan pasokan listrik semakin besar dengan semakin meningkatnya kegiatan ekonomi yang bergantung kepada pasokan listrik. Dalam memastikan keandalan pasokan listrik, salah satu lokasi yang sangat penting untuk dilakukan pengujian rutin adalah gardu induk 150 kV, di mana salah satu material transmisi utamanya Pemutus Tegangan (PMT) memiliki fungsi sebagai saklar sehingga memerlukan evaluasi kondisi kesehatannya. Salah satu metode evaluasi kesehatan PMT 150 kV yang dikembangkan [A11] oleh PT PLN Divisi Transmisi berdasarkan data hasil pengujian rutin dinamakan *Condition Assessment Factor* (CAF) serta *Certainty Level* (CL). Hasil dari nilai CAF menunjukkan kondisi kesehatan keseluruhan dari PMT yang dinilai, berdasarkan standar PLN digunakan batasan nilai 1-9 di mana nilai 1 kondisi buruk dan nilai 9 kondisi sangat baik. Untuk hasil nilai CL menggunakan satuan persentase dengan nilai 100% merupakan kondisi seluruh pengujian terpenuhi sedangkan nilai di bawahnya menunjukkan beberapa pengujian belum dilaksanakan. Kombinasi antara nilai CAF dan CL akan digunakan sebagai pengambilan keputusan dalam menghasilkan bentuk tindak lanjut yang tepat pada proses pemeliharaan PMT 150 kV.

Kata kunci: *condition assessment factor, pemutus tegangan, certainty level, pemeliharaan*

How to Cite This Article: Yulianto, E., Sofwan, A. & Windarta, J. (2024). Metode Pemilihan Tindak Lanjut Pemeliharaan Pemutus Tegangan (PMT) 150 kV Berdasarkan Nilai Condition Assesment Factor (CAF) dan Certainty Level (CL). *JPII*, 2(4), 238-242. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24582>

PENDAHULUAN

Pertumbuhan peningkatan pelanggan dari tahun ke tahun mendorong pengelola industri kelistrikan untuk meningkatkan keandalan yang secara tidak langsung mendorong penyusunan strategi dalam mengevaluasi peralatan gardu induk. Untuk menjaga keandalan evakuasi daya melalui transmisi tegangan tinggi, diperlukan penilaian menyeluruh terhadap seluruh komponen yang ada di gardu induk. Beberapa komponen penting dalam gardu induk meliputi Trafo, Pemutus Tegangan (PMT), Pemisah (PMS), Trafo Arus (CT) dan Trafo Tegangan (PT).

PMT merupakan salah satu aset yang sangat penting pada suatu gardu induk karena memiliki fungsi saklar pada saat bertegangan. PMT membutuhkan adanya pemeliharaan rutin untuk memastikan kesiapan kondisi peralatan layak sehingga mampu mengirimkan energi sesuai yang direncanakan karena tidak ada kegagalan pada PMT. Seperti diketahui bahwa sebuah PMT memiliki umur operasi selama 40 tahun atau lebih, hanya saja kondisi eksternal maupun internal PMT dapat memengaruhi adanya degradasi kemampuan isolasi sebuah PMT. Berdasarkan kondisi tersebut, penilaian PMT diperlukan untuk mengantisipasi adanya kegagalan yang tidak diinginkan.

Dengan metode yang sama yang pernah dilakukan secara *sampling* oleh Yulianto et al. (2023) dilakukan evaluasi terhadap kondisi PMT 150 kV di lingkungan PLN berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan. Pada studi kasus ini data evaluasi menggunakan data pengujian tahun 2023 dengan total sampel sebanyak 1074 unit PMT yang tersebar di beberapa pulau di seluruh Indonesia.

Metode pengujian PMT 150 kV yang saat ini diimplementasikan menggunakan metode pemeliharaan berdasarkan waktu (*Time Based Maintenance*), artinya seluruh pengujian dilakukan secara teratur dengan interval waktu sesuai KEPDIR 0520-2.K/DIR/2014. Salah satu kendala dalam mengimplementasikan pemenuhan pengujian berdasarkan KEPDIR tersebut terletak pada unit yang tidak memiliki kelengkapan alat uji dan personel pengujian sehingga pemenuhan pengujian menjadi rendah.

Kondisi pemenuhan pengujian PMT menunjukkan bahwa hanya 52% PMT memiliki hasil pemenuhan kebutuhan di atas 75%, sedangkan 48% memiliki pemenuhan hasil pengujian <75% (Gambar 1). Berdasarkan kondisi tersebut, maka hasil pengujian menjadi tidak akurat karena tidak adanya indikasi pemenuhan pengujian PMT. Ketiadaan informasi

pemenuhan tersebut dapat berdampak kepada kesalahan eksekusi prioritas pelaksanaan pemeliharaan pada jadwal berikutnya. Untuk itu diperlukan metode perbaikan dalam pemilihan tindak lanjut pemeliharaan PMT di lingkungan PLN.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka penulis memperkenalkan metode pengukuran kondisi berdasarkan hasil pengujian yang disebut *Condition Assessment Factor* (CAF) dan nilai ukuran kepastian hasil pengujian yang disebut *Certainty Level* (CL). Berdasarkan nilai CAF dan CL, penulis juga mengembangkan metode dalam menentukan prioritas pelaksanaan pemeliharaan untuk jadwal berikutnya.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan hasil pengujian PMT 150 kV yang dilaksanakan periodik oleh bidang pemeliharaan gardu induk, PT PLN Divisi Transmisi mengembangkan metode penilaian kesehatan PMT 150 kV sesuai pembobotan berdasarkan *expert judgement* serta diolah menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (Setiawan et al., 2020). Metode yang dikembangkan dan sudah diimplementasikan dinamakan *Condition Assessment Factor* (CAF) serta *Certainty Level* (CL).

Condition Assessment Factor (CAF)

CAF merupakan metode dalam menghitung seluruh parameter pengujian yang dapat menunjukkan adanya degradasi kemampuan isolasi sebuah peralatan tegangan tinggi. CAF dapat digunakan sebagai indikator bagi pemilik atau pengelola aset dalam mengidentifikasi kondisi kesehatan suatu asetnya. Dengan mengidentifikasi kondisi peralatan dan mengetahui adanya potensi risiko yang mungkin terjadi di masa yang akan datang, diharapkan kegagalan peralatan dapat dihindari sehingga kerugian akibat adanya kegagalan yang tidak terencana dapat dihindarkan.

Dalam menghitung CAF PMT 150 kV, masing-masing parameter pengujian PMT diberikan nilai pembobotan, di mana nilai tersebut didapatkan dari *expert judgment* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Selanjutnya AHP akan mengubah hasil penilaian *expert judgment* menjadi nilai koefisien yang kemudian disebut dengan pembobotan per parameter pengujian (Prasojo et al., 2020). Dengan menggunakan metode yang sama seperti Setiawan et al. (2020) untuk menghasilkan nilai CAF PMT penilaian masing-masing parameter akan diintegrasikan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$CAF = \frac{\sum_{i=1}^n S_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

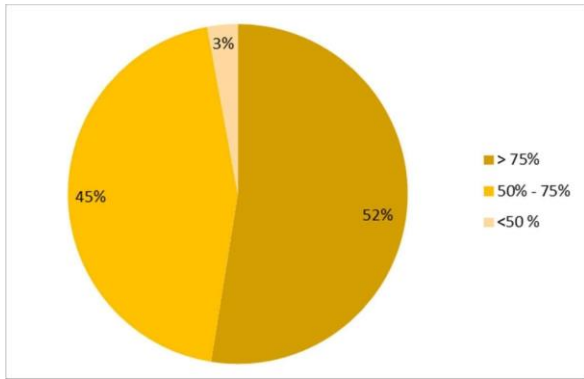
Berdasarkan rumus tersebut, jumlah parameter yang digunakan dinotasikan dalam n , $weighting\ factor$ (W_i) merupakan nilai pembobotan masing-masing parameter sesuai Tabel 1, sedangkan $scoring\ factor$ (S_i) merupakan nilai skor dari masing-masing parameter berdasarkan tabel skor yang disusun pada Tabel 2.

Certainty Level (CL)

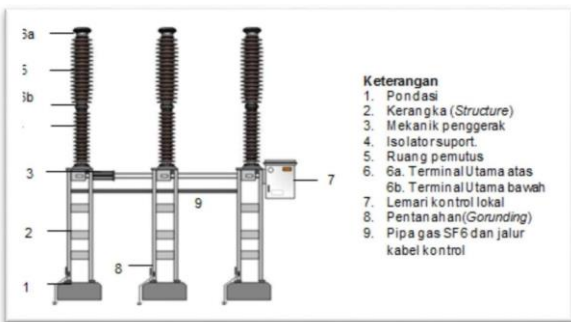
CL merupakan nilai yang terbentuk dari penjumlahan bobot seluruh parameter yang sudah terpenuhi hasil pengujiannya, sesuai dengan model yang diperkenalkan Yulianto et al. (2023) dan rumus sebagai berikut:

$$CL = \frac{\sum (Available\ CL)}{Max\ CL} \times 100\% \quad (2)$$

Nilai *Certainty Level* (CL) menunjukkan pemenuhan pelaksanaan pengujian yang sudah dilakukan oleh pengelola aset. Artinya semakin tinggi nilai CL (maksimum 100%) maka pemenuhan pengujian semakin terpenuhi dan semakin kecil nilai CL maka nilai pemenuhan pengujiannya semakin sedikit.



Gambar 1. Komposisi pemenuhan pengujian PMT



Gambar 2. Contoh gambar PMT

Tabel 1. Nilai bobot setiap parameter

| Parameter | Bobot |
|------------------|--------|
| Tahanan kontak | 0,1902 |
| Keserempakan | 0,1660 |
| Tahanan isolasi | 0,1926 |
| Kualitas isolasi | 0,2442 |
| Anomali | 0,0988 |

Aksesoris PMT 0,1082

Tabel 2. Nilai skor setiap parameter

| Parameter | 1 (Buruk) | 6 (Baik) | 9 (Sangat Baik) |
|------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Tahanan kontak | >standar pabrikan | | <standar pabrikan |
| Keserempakan | >standar pabrikan | | <standar pabrikan |
| Tahanan isolasi | <1 Mohm/kV | | >1 Mohm/kV |
| Kualitas isolasi | Dew point <-5 Purity >99,7% | Kemurnian: 97-99,6% | Dew point >-5 Purity <97% |
| Anomali | Terdapat catatan anomali | | Tidak ada anomali |
| Assesoris PMT | Tegangan AC DC antara <85% dan >110% | | Tegangan AC DC di antara 85%-110% |

HASIL DAN PEMBAHASAN

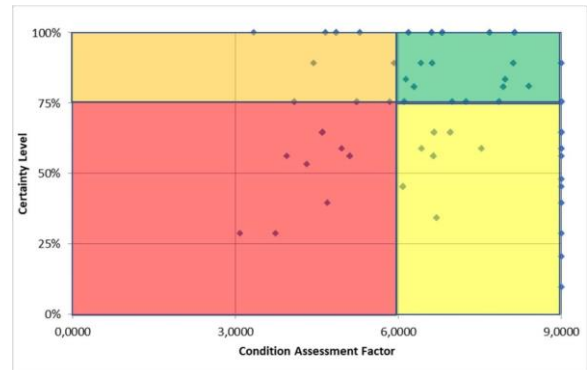
Berdasarkan nilai *Condition Assessment Factor* (CAF) terhadap 1074 unit PMT 150 kV di seluruh Indonesia, komposisi nilai CAF ditunjukkan sesuai Gambar 1. Berdasarkan komposisi CAF tersebut, dapat dilihat bahwa lebih dari 85% PMT dalam kondisi yang sangat baik, 14% dalam keadaan baik dan kurang dari 1% dikategorikan dalam keadaan buruk.

Selain nilai CAF, nilai CL juga diukur untuk memastikan level pemenuhan pengujian yang sudah dilakukan pada masing-masing PMT. Berdasarkan data yang dievaluasi, lebih dari 90% PMT memiliki CL >50% dan kurang dari 3% PMT memiliki nilai CL <50%.

Dengan menggunakan kombinasi nilai CAF dan CL, PLN mengembangkan metode penyusunan tindak lanjut sesuai (Yulianto et al., 2023), di mana masing-masing PMT diklasifikasikan menjadi 4 kategori berdasarkan nilai CAF dan CL. Keempat kategori rekomendasi yaitu pengujian sesuai jadwal, pengujian dengan jadwal dipercepat, penjadwalan pengujian tertentu dan pengujian segera (sesuai Tabel 3).

Tabel 3. Nilai skor setiap parameter

| Kategori | Warna | Tindak lanjut |
|------------|--------|------------------------------------|
| Kategori 1 | Hijau | Pengujian sesuai jadwal |
| Kategori 2 | Kuning | Penjadwalan pengujian tertentu |
| Kategori 3 | Oranye | Pengujian dengan jadwal dipercepat |
| Kategori 4 | Merah | Pengujian segera |



Gambar 3. Klasifikasi kondisi PMT 150 kV

Berdasarkan hasil evaluasi sesuai Gambar 3, dapat diketahui bahwa sebagian besar PMT 150 kV berada pada kategori 1 (hijau) dengan tindak lanjut berupa pengujian sesuai jadwal periode selanjutnya. Selain status kategori 1, terdapat beberapa PMT dalam kategori 2 (kuning) dan kategori 3 (oranye) untuk ditindak lanjut sesuai kategori tindak lanjutnya. Selain kategori 1, 2 dan 3, terdapat beberapa PMT yang masuk dalam kategori 4 (merah) sehingga direncanakan pengujian secepatnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi kondisi CAF dan CL terhadap seluruh PMT 150 kV didapatkan informasi sebagai berikut:

1. Sebagian besar kondisi CAF PMT 150 kV dalam kondisi sangat baik dan hanya kurang dari 1% yang memiliki status buruk.
2. Sebagian besar kondisi CL PMT 150 kV dalam kondisi $CL > 50\%$ dan hanya kurang dari 3% yang memiliki $CL < 50\%$.
3. Kombinasi antara nilai CAF dan CL menunjukkan hasil pengelompokan kategori untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan yang tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada PT PLN (Persero) dan Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan penulis dalam menyusun artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1992). *IEEE Standard C37.100: Definitions for Power Switchgear*. IEEE.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert systems with applications*, 38(11), 14336-14345.
- Janssen, A., Makareinis, D., & Sölver, C. E. (2013). International surveys on circuit-breaker reliability data for substation and system studies. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 29(2), 808-814.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2014). *KEPDIR 0520-2.K/DIR/2014 tentang Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Khoddam, M., Sadeh, J., & Pourmohamadiyan, P. (2016). Performance evaluation of circuit breaker electrical contact based on dynamic resistance signature and using health index. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 6(10), 1505-1512.
- Lin, P. C., Gu, J. C., & Yang, M. T. (2014). Intelligent maintenance model for condition assessment of circuit breakers using fuzzy set theory and evidential reasoning. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 8(7), 1244-1253.
- Meier, S. D., Moore, P. J., & Coventry, P. F. (2011). Radiometric timing of high-voltage circuit-breaker opening operations. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 26(3), 1411-1417.
- Montanari, G. C. (2016, September). Condition monitoring and dynamic Health Index in electrical grids. In *2016 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)* (pp. 82-85). IEEE.
- Nikoloski, L., & Minovski, R. (1994, June). Relation between power loss factor and insulation resistance on measuring transformers in on site measurement. In *Proceedings of 1994 IEEE International Symposium on Electrical Insulation* (pp. 62-65). IEEE.
- Prasojo, R. A., Maulidevi, N. U., & Soedjarno, B. A. (2020, October). A multiple expert consensus model for transformer assessment index weighting factor determination. In *2020 8th International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)* (pp. 234-237). IEEE.
- Prasojo, R. A., Setiawan, A., Maulidevi, N. U., & Soedjarno, B. A. (2019, October). Development of analytic hierarchy process technique in determining weighting factor for power transformer health index. In *2019 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Prasojo, R. A., Tamma, W. R., Maulidevi, N. U., & Soedjarno, B. A. (2020, September). A method to calculate uncertainty due to unavailable data in transformer assessment index. In *2020 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM)* (pp. 72-75). IEEE.
- Setiawan, A., Adiati, W., & Prasojo, R. A. (2020, September). An approach of the analytic hierarchy process to acquire the weighting factor of high voltage circuit breaker health index. In *2020 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP)* (pp. 317-322). IEEE.
- Somboonchaiwong, C., Suwanasri, T., & Suwanasri, C. (2019, July). Health index determination of aged high voltage substation in distribution system. In *2019 16th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)* (pp. 274-277). IEEE.
- Tamma, W. R., Prasojo, R. A., & Suwarno, S. (2020, October). Assessment of high voltage power transformer aging condition based on health index value considering its apparent and actual age. In *2020 12th International Conference on*

Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) (pp. 292-296). IEEE.

- Tang, J., Rao, X., Tang, B., Liu, X., Gong, X., Zeng, F., & Yao, Q. (2017). Investigation on SF6 spark decomposition characteristics under different pressures. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 24(4), 2066-2075.
- Tee, S., Liu, Q., & Wang, Z. (2017). Insulation condition ranking of transformers through principal component analysis and analytic hierarchy process. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 11(1), 110-117.
- Yulianto, E., & Prasojo, R. A. (2023, March). Implementation of Certainty Level (CL) to Condition Assessment Factor (CAF) Index on High-Voltage Circuit-Breaker (HVCB) on Sulmapana Region. In *2023 IEEE 3rd International Conference in Power Engineering Applications (ICPEA)* (pp. 28-31). IEEE.
- Zhang, Z., Zhang, J., Gockenbach, E., & Borsi, H. (2009). Life management of SF 6 circuit breakers based on monitoring and diagnosis. *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 25(3), 21-29.