

# Optimalisasi *Health Index* pada Asesmen Peralatan di UPT Palembang untuk Mempercepat Penggantian Peralatan Gardu induk

Novi Hendriansyah<sup>1\*</sup>, Rinaldy Dalimi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Indonesia, Jakarta

\*Penulis Korespondensi, email: [novihendransyah@gmail.com](mailto:novihendransyah@gmail.com)

Received: 17/05/2025

Revised: 20/05/2025

Accepted: 22/05/2025

**Abstract.** Currently, the *Health Index* calculation method in the substation equipment assessment at PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Palembang (UPT Palembang) only uses technical condition data obtained from the evaluation of maintenance results in the form of assessment scores, so that the increasing number of operating assets and the age of equipment that continues to increase with different levels of risk, will cause the *Health Index* of UPT Palembang equipment to be not optimal, as a result the process of justifying the proposed equipment replacement is late and not on target. To solve this problem, the *Health Index* calculation is optimized by adding operating age criteria and equipment risk level criteria using the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method so that the process of justifying equipment replacement proposals becomes faster and more precise.

**Keywords:** Assessment, MCDM, *Health index*, Substation equipment

**Abstrak.** Saat ini metode perhitungan *Health Index* pada asesmen peralatan Gardu induk di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Palembang (UPT Palembang) hanya menggunakan data kondisi teknis yang diperoleh dari evaluasi hasil pemeliharaan dalam bentuk skor asesmen, sehingga semakin banyaknya aset yang beroperasi serta umur peralatan yang terus bertambah dengan tingkat risiko yang berbeda, akan menyebabkan *Health Index* peralatan UPT Palembang menjadi tidak optimal, akibatnya proses justifikasi usulan penggantian peralatan menjadi terlambat dan tidak tepat sasaran. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, Perhitungan *Health Index* dioptimalkan dengan menambahkan kriteria umur operasi dan kriteria tingkat risiko peralatan menggunakan metode *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) sehingga proses justifikasi usulan penggantian peralatan menjadi lebih cepat dan tepat.

**Kata Kunci:** Asesmen, MCDM, *Health index*, Peralatan gardu induk

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem ketenagalistrikan nasional menuntut pengelolaan aset yang semakin andal, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan energi yang terus meningkat. Asesmen peralatan di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Palembang (UPT Palembang), adalah penilaian suatu kondisi peralatan dengan menggunakan rumusan tertentu dibandingkan dengan referensi baku yang digunakan sehingga diperoleh suatu nilai yang merepresentasikan kondisi peralatan tersebut [1]. Asesmen terhadap peralatan gardu induk harus dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual kesehatan peralatan yang sedang beroperasi.

Metode UPT Palembang dalam menentukan tingkat kritikal kondisi peralatan mengikuti standar

PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera, adalah menggunakan pendekatan *severity level* sesuai pada IEC 60812-2006 yang memiliki klasifikasi *failure mode severity* dengan 10 level [1]. Kondisi aktual peralatan tersebut diperoleh melalui inspeksi visual dan hasil uji *non-destructive* peralatan utama Gardu induk saat pemeliharaan [1] yang nanti akan dibandingkan dengan standar yang berlaku di PT PLN (Persero) sehingga menghasilkan *Health Index* peralatan utama gardu induk berupa skor asesmen dengan nilai 1 - 2 (*Good*), 3 - 6 (*Fair*) dan 7 - 10 (*Poor*).

Proses asesmen yang hanya menggunakan kriteria kondisi teknis membuat *Health Index* yang dihasilkan belum optimal untuk digunakan pada proses justifikasi penggantian peralatan utama

gardu induk khususnya Material Transmisi Utama (MTU). Hal itu disebabkan karena kriteria penggantian peralatan utama gardu induk yang digunakan oleh PT PLN (Persero) tidak hanya kriteria kondisi teknis, tetapi juga berdasarkan pada kriteria umur operasi dan tingkat risiko yang hanya dipetakan menjadi prioritas 0 dan prioritas 1 [2], sehingga ketika UPT Palembang dihadapkan dengan kondisi keterbatasan anggaran investasi, diperlukan waktu tambahan untuk mengidentifikasi dan menentukan skala prioritas penggantian peralatan. Ketika terjadi keterlambatan dalam identifikasi prioritas maka justifikasi usulan penggantian peralatan bisa jadi tidak akurat [3], dan menjadi tidak tepat sasaran serta berdampak pada keandalan sistem.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menghasilkan beberapa pendekatan dan metode perhitungan diantaranya oleh Chaiyaboon Soomboonchaiwong, dkk, Achmad Setiawan, dkk, dan Gora Anadi Santika, dkk menghitung bobot kriteria setiap pengujian yang dilakukan menggunakan AHP untuk dihitung *Health Index* peralatan berdasarkan hasil uji pemeliharaan [4], [5], [6] dan menghitung *Health Index* peralatan tersebut menggunakan metode *Average Score* [4]. Pada penelitian yang lain, Kittinan Witchawut dan Cattareeya Suwanasri menggunakan metode *Weighted Sum Model* (WSM) dalam asesmen kondisi pada *Gas Insulation Substation* [7], sedangkan Gora Anadi Santika, dkk menggunakan *Simple Additive Weighting* [6].

Tajul Ariffin Aman, dkk juga mulai mengkombinasikan *Health Index* dari hasil pemeliharaan dengan *Criticality Index* yang didapat dari probabilitas kegagalan dan dampak kegagalan dari suatu peralatan transformator tenaga [8].

Shaga Shaulagara, dkk juga mengkombinasikan *Health Index* dengan *aset susceptibility* dimana salah satu yang menjadi faktornya adalah umur peralatan yang menghasilkan matriks kemungkinan kegagalan peralatan yang nanti akan disandingkan dengan dampaknya guna penjadwalan ulang pemeliharaan preventif [9] sedangkan Nakamura Mitsuhiro, dkk mengkombinasi *Health Index* dengan *consequence* sehingga menghasilkan *risk*

*matrix* pada transformator dan *circuit breaker* sehingga menjadi dasar prioritas penggantian peralatan [10].

Dalam penentuan prioritas penggantian peralatan, penelitian terdahulu telah memperkenalkan beberapa metode, diantaranya A. Tryollinna A menggunakan kombinasi *Health Index* suatu transformator tenaga dengan *susceptibility*, *probability of failure*, *substation criticality* sehingga menghasilkan prioritas penggantian dalam bentuk prioritas 1 (prioritas paling tinggi) hingga prioritas 4 (prioritas paling rendah) [11].

Di sektor kelistrikan yang lain, beberapa penelitian telah menggunakan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) dalam menentukan prioritas atau peringkat suatu peralatan, seperti yang dilakukan oleh Arighi Radevito yang menentukan peringkat sumber energi sektor ketenagalistrikan di Indonesia menuju *net zero emission* [12] dan Kresna Nurdianto yang melakukan pemeringkatan dedieselisasi PLTD berdasarkan risiko [13].

Namun demikian, sebagian besar dari penelitian tersebut belum secara eksplisit mengkombinasikan kriteria kondisi teknis, kriteria umur operasi dan kriteria tingkat risiko yang mencakup kemungkinan dan dampak terjadinya gangguan ke dalam satu proses penilaian *Health Index* yang nanti dapat menjadi dasar penentuan prioritas dalam proses justifikasi penggantian peralatan gardu induk. Beberapa penelitian yang sudah dilakukan hanya mengkombinasikan kriteria tersebut pada proses yang berbeda sehingga memerlukan evaluasi lanjutan, penelitian yang paling mendekati penyelesaian permasalahan adalah yang dilakukan A Tryollinna [11] tapi belum dapat menentukan urutan prioritas penggantian.

Hingga saat ini belum ada metode perhitungan *Health Index* yang mengkombinasikan ketiga kriteria utama pada pelaksanaan asesmen peralatan utama gardu induk ke dalam satu proses dan menghasilkan skala prioritas penggantian peralatan sehingga penelitian ini menawarkan pendekatan yang dapat mengoptimalkan *Health Index* dengan menggunakan semua kriteria tersebut serta

menyelesaikan permasalahan yang sedang dihadapi oleh UPT Palembang.

Dengan pendekatan ini, diharapkan UPT Palembang dapat memiliki sistem penilaian *Health Index* yang lebih terstruktur dan komprehensif dalam mendukung pengambilan keputusan terkait identifikasi prioritas dan justifikasi usulan penggantian peralatan gardu induk yang cepat dan tepat.

## II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif - deskriptif. Beberapa kriteria yang digunakan dalam perhitungan *Health Index* peralatan gardu induk seperti kriteria kondisi teknis, umur operasi dan tingkat risiko akan dilakukan pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sesuai dengan penilaian para ahli.

*Metode Multi Criteria Decision Making* (MCDM) diantaranya *Weighted Sum Model* (WSM), *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) digunakan untuk menghitung *Health Index* peralatan gardu induk tersebut menggunakan nilai bobot yang telah didapatkan. Metode perhitungan *Health Index* yang akan diusulkan untuk digunakan oleh UPT Palembang adalah metode dengan stabilitas peringkat terbaik yang sudah diuji menggunakan *Rank Performance Index* (RPI) - *stable rank approach*.

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan kondisi tingkat kesehatan peralatan gardu induk berdasarkan data kondisi teknis, umur operasi, dan tingkat risiko sehingga dapat dilakukan pemeringkatan kondisi peralatan guna mendapatkan prioritas penggantian peralatan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari kuesioner kepada para ahli di lingkungan PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera yang merupakan unit pembina dari UPT Palembang (*expert questionnaire*). Kuesioner tersebut berisi perbandingan berpasangan berbagai kriteria dan sub kriteria yang diperlukan dalam perhitungan *Health Index* berdasarkan tingkat kepentingannya.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang berasal dari internal UPT Palembang antara lain :

1. Data asesmen peralatan utama gardu induk periode Desember 2024 yang terbatas pada 660 unit CT, 440 unit VT, 468 LA, 478 *set* / 1.426 unit DS dan 423 *set* / 567 unit CB.
2. Data umur peralatan periode Januari 2025.
3. Data pelanggan gardu induk tahun 2024.
4. Data kondisi *bay* peralatan gardu induk yang terkait dengan tingkat risiko peralatan (lokasi *bay* peralatan, kepentingan peralatan, area pemadaman, *safety* sekitar instalasi).
5. Data gangguan peralatan *breakdown* PT PLN (Persero) UI P3B Sumatera periode 2009 - 2024.

### A. Diagram alir penelitian

Penelitian dimulai dari menemukan *gap analysis* dan rumusan masalah dari studi lapangan, melakukan tinjauan pustaka dan mengumpulkan data terkait penelitian, mengolah data, evaluasi dan analisa data sehingga mendapatkan kesimpulan, saran dan rekomendasi dari penelitian yang dilakukan. Adapun tahapan tersebut secara lengkap dapat digambarkan dalam diagram alir penelitian seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.

### B. Identifikasi kriteria dan sub kriteria

Pada tahapan ini, kriteria dan sub kriteria yang terkait dengan penelitian disusun dalam bentuk hieraki. Kriteria utama yang digunakan adalah sesuai dengan Keputusan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 149.K/DIR/2012 tanggal 07 Februari 2013 tentang kriteria penggantian peralatan utama gardu induk di lingkungan PT PLN (Persero), dapat dilihat pada tabel 1.

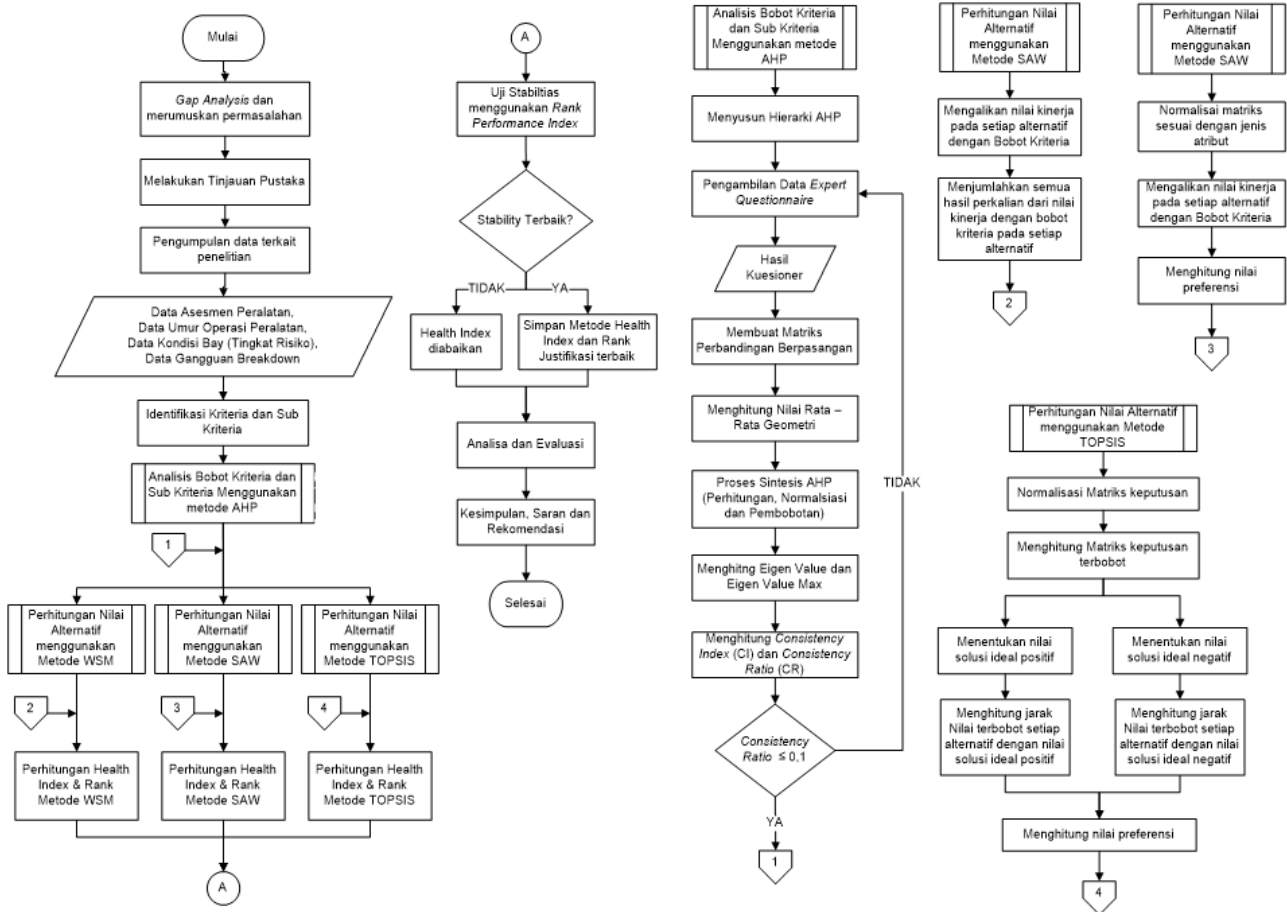
**Tabel 1.** Prioritas penggantian peralatan utama gardu induk [2]

| Prioritas | Kondisi Teknis | Umur Operasi   | Tingkat Risiko | Tindak Lanjut  |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P0        | Sangat Buruk   | Semua Kriteria | Semua Kriteria | Diganti segera |
| P1        | Buruk          | Sangat Tua     | Sangat Tinggi  | Diganti segera |

| Prioritas | Kondisi Teknis | Umur Operasi   | Tingkat Risiko | Tindak Lanjut                  |
|-----------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| P1        | Buruk          | Semua Kriteria | Semua Kriteria | • Frekuensi Asesmen dipercepat |

| Prioritas | Kondisi Teknis | Umur Operasi | Tingkat Risiko | Tindak Lanjut          |
|-----------|----------------|--------------|----------------|------------------------|
|           |                |              |                | • Diganti maks 1 tahun |

P2 adalah prioritas selanjutnya setelah P0 dan P1



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Pada kriteria kondisi teknis, penentuan tingkat kondisi menggunakan 10 (sepuluh) sub kriteria yang merupakan skor asesmen eksisting dengan nilai 1 - 2 (*Good*), 3 - 6 (*Fair*) dan 7 - 10 (*Poor*).

Pada kriteria umur operasi, penentuan kondisi berada dalam 3 sub kriteria besar yang nanti dapat dipetakan menjadi menjadi bobot setiap umur. Adapun sub kriteria pada umur operasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tingkat risiko diperoleh menggunakan kombinasi antara tingkat kemungkinan kejadian dan tingkat dampak risiko yang digambarkan pada matriks risiko atau peta risiko dalam bentuk kuadran dan digunakan sebagai gambaran secara visual

posisi risiko. PT PLN (Persero) sendiri menetapkan tingkat risiko ke dalam 5 peringkat [14], antara lain: rendah, moderat, tinggi, sangat tinggi dan ekstrem, dapat dilihat pada Gambar 2.

**Tabel 2.** Umur operasi peralatan utama gardu induk [2]

| No. | Peralatan                  | Sangat Tua | Tua     |
|-----|----------------------------|------------|---------|
| 1.  | <i>Current transformer</i> | > 25       | 15 - 25 |
| 2.  | <i>Voltage transformer</i> | > 25       | 15 - 25 |
| 3.  | <i>Circuit breaker</i>     | > 20       | 15 - 20 |
| 4.  | <i>Disconnecter switch</i> | > 20       | 15 - 20 |
| 5.  | <i>Lightning arrester</i>  | > 15       | 10 - 15 |

| Batas Selera Risiko |              |   |                  |         |         |               |
|---------------------|--------------|---|------------------|---------|---------|---------------|
| Tingkat Kemungkinan | Sangat Besar | E | Moderat          | Moderat | Tinggi  | Sangat Tinggi |
|                     | Besar        | D | Rendah           | Moderat | Tinggi  | Sangat Tinggi |
|                     | Sedang       | C | Rendah           | Moderat | Tinggi  | Tinggi        |
|                     | Kecil        | B | Rendah           | Rendah  | Moderat | Tinggi        |
|                     | Sangat Kecil | A | Rendah           | Rendah  | Moderat | Tinggi        |
|                     |              |   | 1                | 2       | 3       | 4             |
|                     |              |   | Tidak Signifikan | Minor   | Medium  | Signifikan    |
|                     |              |   | Tingkat Dampak   |         |         |               |

**Gambar 2.** Matriks risiko dan kuadran tingkat risiko [14]

Tingkat kemungkinan dari risiko terjadinya gangguan yang diakibatkan oleh *breakdown*-nya peralatan gardu induk ditentukan dengan pendekatan berbasis data historis gangguan menggunakan distribusi *poisson* [15] sesuai Rumus 1 :

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

Di mana  $f(x)$  adalah probabilitas terjadinya kali gangguan per interval,  $\lambda$  adalah rata - rata jumlah kejadian per interval,  $e$  adalah bilangan *euler* sedangkan  $x$  adalah jumlah kejadian.

Probabilitas gangguan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan peraturan PT PLN (Persero) yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kriteria kemungkinan - kejadian risiko [14]

| Tingkat Kemungkinan |              | Probabilitas | Deskripsi Kualitatif                                   |
|---------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------------------|
| E                   | Sangat Besar | > 80% - 100% | Hampir dapat dipastikan akan terjadi                   |
| D                   | Besar        | > 60% - 80%  | Kemungkinan besar akan terjadi                         |
| C                   | Sedang       | > 40% - 60%  | Kemungkinan sama antara akan terjadi dan tidak terjadi |
| B                   | Kecil        | > 20% - 40%  | Kemungkinan kecil akan terjadi                         |
| A                   | Sangat Kecil | 0% - 20%     | Hampir dapat dipastikan tidak akan terjadi             |

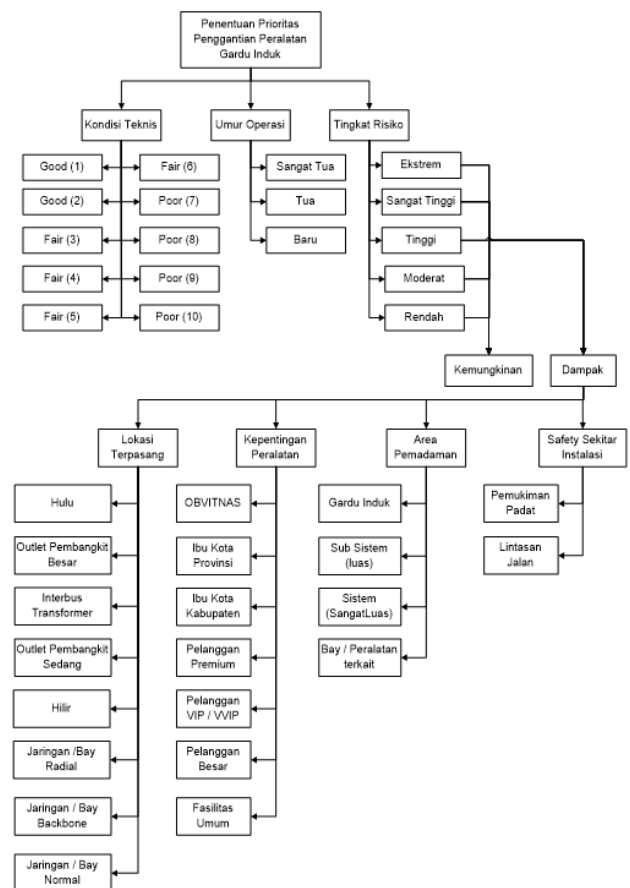
Tingkat dampak dari risiko terjadinya gangguan menggunakan beberapa sub kriteria, antara lain :

1. Lokasi *bay* peralatan.
2. Kepentingan peralatan
3. Area pemadaman
4. Safety sekitar instalasi

### C. Penentuan bobot kriteria dan sub kriteria

*Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah teori pengukuran melalui perbandingan berpasangan diskrit (terpisah) ataupun *continuous* dalam struktur hierarki yang bertingkat dan bergantung pada penilaian para ahli untuk mendapatkan skala prioritas atau skala rasio. Diagram alir penentuan bobot menggunakan AHP dapat dilihat pada Gambar 1.

Adapun struktur hierarki AHP penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Struktur hierarki AHP penelitian

Adapun skala nilai dasar yang digunakan untuk mewakili intensitas penilaian tingkat kepentingan adalah sesuai dengan Tabel 4.

**Tabel 4.** Skala dasar tingkat kepentingan [16]

| <i>Intensity of Importance</i> | <i>Definition</i>                  |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1                              | <i>Equal importance</i>            |
| 2                              | <i>Weak</i>                        |
| 3                              | <i>Moderate importance</i>         |
| 4                              | <i>Moderate plus</i>               |
| 5                              | <i>Strong importance</i>           |
| 6                              | <i>Strong plus</i>                 |
| 7                              | <i>Very strong or demonstrated</i> |
| 8                              | <i>Very, very strong</i>           |
| 9                              | <i>Extreme importance</i>          |

Data yang terkumpul dari pilihan para ahli tersebut dirangkum dan dilakukan perhitungan geometrik rerata menggunakan Rumus 2:

$$GM = \sqrt[n]{A_1 \times A_2 \times A_3 \times \dots \times A_n} \quad (2)$$

Di mana GM adalah *Geometric Mean* (Rata - rata geometri),  $A_n$  adalah hasil penilaian responden ke- $n$ , sedangkan  $n$  adalah jumlah responden. AHP sangat memperhatikan penyimpangan dari konsistensi jawaban sehingga setiap jawaban tersebut harus diukur *Consistency Ratio*-nya menggunakan Rumus 3:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Di mana CR adalah *Consistency Ratio*, CI adalah *Consistency Index* dan RI adalah *random index*. CI dihitung menggunakan Rumus 4:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Di mana  $\lambda_{max}$  adalah nilai eigen maksimum dari matriks penilaian,  $n$  adalah ordo matriks.

*Random index* berdasarkan tabel milik Thomas L. Saaty, dkk yang dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Random index (RI) AHP [16]

| N | RI   | N | RI   | N | RI   | N  | RI   |
|---|------|---|------|---|------|----|------|
| 1 | 0    | 4 | 0,89 | 7 | 1,35 | 9  | 1,45 |
| 2 | 0    | 5 | 1,11 | 8 | 1,40 | 10 | 1,49 |
| 3 | 0,52 | 6 | 1,25 |   |      |    |      |

#### D. Perhitungan health index metode MCDM

##### 1. Weighted Sum Model (WSM)

Diagram alir metode WSM dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam WSM, setiap alternatif dievaluasi

untuk mendapatkan alternatif terbaik. Jika terdapat  $m$  alternatif dan  $n$  kriteria, maka alternatif terbaik adalah yang memenuhi Rumus 5:

$$A_{wsm}^* = \text{Max} \sum_{i=1}^j a_{ij} w_j, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

Di mana  $A_{wsm}^*$  adalah *score* WSM dari alternatif terbaik,  $a_{ij}$  adalah Nilai alternatif ke- $i$  pada kriteria ke- $j$  sedangkan  $w_j$  adalah bobot kriteria ke- $j$ .

##### 2. Simple Additive Weighting (SAW)

Diagram alir metode SAW dapat dilihat pada Gambar 1. SAW merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria dengan mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif pada semua atribut [17] dan melakukan proses normalisasi matriks keputusan menjadi suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua rating kinerja alternatif yang ada. Sifat masing-masing kriteria yang ada harus ditentukan terlebih dahulu atributnya, apakah bersifat keuntungan (*benefit*) atau bersifat biaya (*cost*).

Dalam metode SAW perlu menormalkan matriks berdasarkan rumus yang disesuaikan dengan jenis atributnya adalah menggunakan Rumus 6:

$$R_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\text{Max } x_{ij}} & \text{Jika } j \text{ adalah atribut } \textit{benefit} \\ \frac{\text{Min } x_{ij}}{x_{ij}} & \text{Jika } j \text{ adalah atribut } \textit{cost} \end{cases} \quad (6)$$

Di mana  $R_{ij}$  adalah nilai rating kinerja ternormalisasi,  $x_{ij}$  adalah nilai atribut ke- $i$  yang dimiliki dari setiap kriteria ke- $j$ ,  $\text{max } x_{ij}$  adalah nilai atribut terbesar dari setiap kriteria ke- $j$  dan  $\text{min } x_{ij}$  adalah nilai atribut terkecil dari setiap kriteria ke- $j$ .

Nilai preferensi yang menjadi nilai akhir adalah nilai maksimum sebagai alternatif terbaik ( $A_i$ ) yang menjadi solusi [17], [18]. Perhitungan nilai preferensi ( $V_i$ ) untuk setiap alternatif dapat didapatkan menggunakan Rumus 7:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j R_{ij} \quad (7)$$

Di mana  $V_i$  adalah *rank* untuk setiap alternatif,  $w_j$  adalah nilai bobot untuk kriteria ke- $j$  sedangkan  $R_{ij}$  adalah nilai rating kinerja ternormalisasi.

### 3. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

Diagram alir metode TOPSIS dapat dilihat pada Gambar 1. Konsep dasar metode ini adalah alternatif yang dipilih harus memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif ( $A^+$ ) dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif ( $A^-$ ) dalam beberapa pengertian geometris. Pendekatan jarak *Euclidean* diusulkan untuk mengevaluasi kedekatan relatif alternatif dengan solusi ideal. Dengan demikian, urutan preferensi alternatif dapat diturunkan melalui serangkaian perbandingan jarak relatif ini.

Dalam metode TOPSIS juga perlu menormalkan matriks berdasarkan rumus yang disesuaikan dengan jenis atributnya sehingga diperoleh  $R$  dari nilai normalisasi matriks menggunakan Rumus 8:

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

Di mana  $R_{ij}$  adalah nilai rating kinerja ternormalisasi,  $x_{ij}$  adalah nilai atribut ke- $i$  yang dimiliki dari setiap kriteria ke- $j$

Selanjutnya matriks keputusan terbobot dihitung dengan mengalikan matriks keputusan dengan bobotnya  $W_j$  menggunakan rumus 9:

$$V_{ij} = W_j R_{ij} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

Proses berikutnya dalam metode TOPSIS adalah menentukan nilai solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Solusi ideal positif direpresentasikan sebagai  $A^+$ , sedangkan solusi ideal negatif direpresentasikan sebagai  $A^-$ . Rumus yang digunakan adalah Rumus 10 dan Rumus 11:

$$A^+ = (W_1^+, W_2^+, \dots, W_j^+) \quad (10)$$

$$A^- = (W_1^-, W_2^-, \dots, W_j^-) \quad (11)$$

Dengan ketentuan,  $W_1^+$  ( $\max W_{ij}$ , jika  $j = \text{benefit}$ ), ( $\min W_{ij}$ , jika  $j = \text{cost}$ ) sedangkan  $W_1^-$  ( $\min W_{ij}$ , jika  $j = \text{benefit}$ ), ( $\max W_{ij}$ , jika  $j = \text{cost}$ ).

Jarak setiap alternatif terhadap  $A^+$  yang direpresentasikan dengan  $S_i^+$  dan terhadap  $A^-$  yang direpresentasikan dengan  $S_i^-$  dengan menggunakan Rumus 12 dan Rumus 13:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Akhirnya, nilai preferensi dapat dihitung untuk setiap alternatif yang direpresentasikan dengan  $C_i^+$  dan mengurutkan nilai tersebut agar mendapatkan peringkat tiap alternatif sehingga dapat diketahui alternatif terbaik yang memiliki jarak terdekat dengan solusi ideal positif dan jarak terjauh dengan solusi ideal negatif [12], [13], [18]. Nilai preferensi tersebut dihitung menggunakan Rumus 14 :

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad , \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (14)$$

### 4. Perhitungan Health Index

*Health Index* pada setiap metode diperoleh dengan menormalisasi nilai alternatif dengan menggunakan *min max normalization* dengan tujuan untuk mengubah nilai atribut ke dalam rentang  $[0,1]$  berdasarkan nilai minimum dan maksimum dari atribut tersebut [19]. *min max normalization* ini dihitung menggunakan Rumus 15 atau Rumus 16:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij} - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} \quad , \quad \text{benefit criteria} \quad (15)$$

$$n_{ij} = \frac{r_{\max} - r_{ij}}{r_{\max} - r_{\min}} \quad , \quad \text{cost criteria} \quad (16)$$

Di mana  $n_{ij}$  adalah nilai ternormalisasi dari alternatif ke- $i$  pada kriteria ke- $j$ ,  $r_{ij}$  adalah nilai asli alternatif ke- $i$  pada kriteria ke- $j$ ,  $r_{\min}$  adalah nilai minimum pada kriteria ke- $j$  dan  $r_{\max}$  adalah nilai maksimum pada kriteria ke- $j$ .

Nilai *Health Index* diperoleh dengan melakukan normalisasi nilai alternatif menggunakan *min - max normalization (benefit criteria)* sesuai Rumus 15 karena sifat nilai *Health Index* menunjukkan kinerja yang lebih baik jika nilainya semakin tinggi. (nilai *min* adalah total dari nilai terburuk setiap kriteria atau *worst condition* sedangkan nilai *max* adalah total nilai terbaik dari setiap kriteria atau *best condition*).



*Health Index* lalu dikelompokkan menjadi kondisi *good*, *fair* dan *poor* sesuai dengan kategori PLN, dimana pemetaan nilainya diadaptasi dari level skor asesmen eksisting sehingga menjadi seperti yang ditampilkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Pemetaan nilai *Health Index*

| No. | Range Nilai                     | Kategori    |
|-----|---------------------------------|-------------|
| 1.  | <i>Health Index</i> <40%        | <i>Poor</i> |
| 2.  | 80% > <i>Health Index</i> > 40% | <i>Fair</i> |
| 3.  | <i>Health Index</i> > 80%       | <i>Good</i> |

Pemeringkatan prioritas justifikasi penggantian peralatan adalah dengan mengurutkan nilai *Health Index* peralatan dari yang memiliki nilai terendah.

#### E. Uji rank stability metode MCDM

Melakukan uji *rank stability* terhadap ketiga metode perhitungan menggunakan *Rank Performance Index* (RPI) - *stable rank approach* dengan mengukur persentase skenario di mana suatu alternatif mempertahankan peringkat aslinya ketika bobot dilakukan perubahan dengan menggunakan Rumus 17:

$$SR_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I(R_{i1} = R_{ij}) \quad (17)$$

Di mana  $SR_i$  adalah skor kestabilan untuk alternatif ke-I,  $n$  adalah jumlah skenario perubahan bobot yang dianalisis,  $R_{i1}$  adalah peringkat alternatif ke-i pada skenario awal (*base*),  $R_{ij}$  adalah peringkat alternatif ke-i pada skenario ke-j dan  $I(R_{i1} = R_{ij})$  adalah fungsi indikator (1 jika peringkat tidak berubah, 0 jika berubah).

Adapun perubahan bobot kriteria yang akan dilakukan pada penelitian ini untuk menguji stabilitas peringkat adalah menggunakan 6 (enam) skenario, antara lain:

1. bobot kondisi teknis  $\pm 10\%$  dari bobot awal
2. bobot umur operasi  $\pm 10\%$  dari bobot awal
3. bobot tingkat risiko  $\pm 10\%$  dari bobot awal.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Bobot kriteria utama dan sub kriteria

Hasil pembobotan semua kriteria dan sub kriteria yang diperoleh dari *expert questionnaire*

dan diolah menggunakan metode AHP dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Bobot kriteria dan sub kriteria

| Kriteria Utama | Bobot   | Sub Kriteria           | Bobot   |
|----------------|---------|------------------------|---------|
| Kondisi Teknis | 0,65884 | Skor 1 ( <i>Good</i> ) | 0,01641 |
|                |         | Skor 2 ( <i>Good</i> ) | 0,01982 |
|                |         | Skor 3 ( <i>Fair</i> ) | 0,03009 |
|                |         | Skor 4 ( <i>Fair</i> ) | 0,04069 |
|                |         | Skor 5 ( <i>Fair</i> ) | 0,05572 |
|                |         | Skor 6 ( <i>Fair</i> ) | 0,07492 |
|                |         | Skor 7 ( <i>Poor</i> ) | 0,11361 |
|                |         | Skor 8 ( <i>Poor</i> ) | 0,15416 |
|                |         | Skor 9 ( <i>Poor</i> ) | 0,20772 |
|                |         | Skor 10                | 0,28684 |
| Umur Operasi   | 0,09962 | Sangat Tua             | 0,70483 |
|                |         | Tua                    | 0,22261 |
|                |         | Baru                   | 0,07256 |
| Tingkat Risiko | 0,24154 | Ekstrem                | 0,47947 |
|                |         | Sangat Tinggi          | 0,26536 |
|                |         | Tinggi                 | 0,14405 |
|                |         | Moderat                | 0,07061 |
|                |         | Rendah                 | 0,04051 |

Setelah bobot sub kriteria umur operasi diperoleh maka bobot untuk setiap tahun usia peralatan sejak beroperasi dengan mengacu pada Tabel 2 dan berpatokan pada 3 (tiga) bobot sub kriteria umur operasi pada Tabel 3 sehingga menghasilkan bobot untuk setiap umur peralatan yang dapat dilihat pada Gambar 4.

| MTU | UMUR OPERASI |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 0            | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| CT  | 0            | 0,0052 | 0,0104 | 0,0155 | 0,0207 | 0,0259 | 0,0311 | 0,0363 | 0,0415 |
| VT  | 0            | 0,0052 | 0,0104 | 0,0155 | 0,0207 | 0,0259 | 0,0311 | 0,0363 | 0,0415 |
| PMS | 0            | 0,0052 | 0,0104 | 0,0155 | 0,0207 | 0,0259 | 0,0311 | 0,0363 | 0,0415 |
| PMT | 0            | 0,0052 | 0,0104 | 0,0155 | 0,0207 | 0,0259 | 0,0311 | 0,0363 | 0,0415 |
| LA  | 0            | 0,0081 | 0,0161 | 0,0242 | 0,0322 | 0,0403 | 0,0484 | 0,0564 | 0,0645 |

| MTU | UMUR OPERASI |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     | 9            | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     |
| CT  | 0,0466       | 0,0518 | 0,0570 | 0,0622 | 0,0674 | 0,0726 | 0,0862 | 0,0998 | 0,1135 |
| VT  | 0,0466       | 0,0518 | 0,0570 | 0,0622 | 0,0674 | 0,0726 | 0,0862 | 0,0998 | 0,1135 |
| PMS | 0,0466       | 0,0518 | 0,0570 | 0,0622 | 0,0674 | 0,0726 | 0,0976 | 0,1226 | 0,1476 |
| PMT | 0,0466       | 0,0518 | 0,0570 | 0,0622 | 0,0674 | 0,0726 | 0,0976 | 0,1226 | 0,1476 |
| LA  | 0,0726       | 0,0976 | 0,1226 | 0,1476 | 0,1726 | 0,1976 | 0,2226 | 0,705  | 0,705  |

| MTU | UMUR OPERASI |        |        |        |        |        |        |        |       |
|-----|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|     | 18           | 19     | 20     | 21     | 22     | 23     | 24     | 25     | > 25  |
| CT  | 0,1271       | 0,1408 | 0,1544 | 0,1680 | 0,1817 | 0,1953 | 0,2090 | 0,2226 | 0,705 |
| VT  | 0,1271       | 0,1408 | 0,1544 | 0,1680 | 0,1817 | 0,1953 | 0,2090 | 0,2226 | 0,705 |
| PMS | 0,1726       | 0,1976 | 0,2226 | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705 |
| PMT | 0,1726       | 0,1976 | 0,2226 | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705 |
| LA  | 0,705        | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705  | 0,705 |

**Gambar 4.** Bobot peralatan utama gardu induk per tahun



Pembobotan umur peralatan tersebut menggunakan skala bobot yang diperoleh dari AHP, menormalisasikannya menggunakan *min max normalization* dan membaginya secara merata sesuai rentang tahun dalam sub kriteria umur.

Tingkat risiko yang diperoleh menggunakan kombinasi antara tingkat kemungkinan kejadian dan tingkat dampak risiko dimana kemungkinan terjadinya risiko tahun 2025 dihitung menggunakan *distribusi poisson* menggunakan data histori gangguan peralatan *breakdown* tahun 2009 - 2024 di PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera seperti yang ditampilkan pada Tabel 8.

Bobot dari sub kriteria dampak risiko diperoleh dan disusun dalam kriteria tingkat dampak menggunakan pendekatan kuantitatif dengan membagi nilai yang diperoleh dari total parameter ke dalam 5 (lima) tingkatan dampak.

Adapun hasil pembobotan kriteria dampak dan sub kriteria dampak tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

| Sub Kriteria Tingkat Risiko      | Sub Kriteria                                  | Bobot   | Bobot terhadap Sub Kriteria | Bobot terhadap Sub Kriteria Dampak |
|----------------------------------|-----------------------------------------------|---------|-----------------------------|------------------------------------|
| 1                                | 2                                             | 3       | 4 = 3x2                     | 5 = 4x1                            |
| Kemungkinan<br>(Bobot : 0,20541) | Lokasi Terpasang<br>(Bobot : 0,29563)         |         |                             |                                    |
|                                  | - Hulu                                        | 0,22793 | 0,067                       | 0,0535                             |
|                                  | - Outlet Pembangkit Besar                     | 0,27100 | 0,080                       | 0,0637                             |
|                                  | - Interbus Transformer                        | 0,13901 | 0,041                       | 0,0327                             |
|                                  | - Outlet Pembangkit Sedang                    | 0,08668 | 0,026                       | 0,0204                             |
|                                  | - Hilir                                       | 0,03416 | 0,010                       | 0,0080                             |
|                                  | - Jaringan / Bay Radial                       | 0,06513 | 0,019                       | 0,0153                             |
|                                  | - Jaringan / Bay Backbone                     | 0,14881 | 0,044                       | 0,0350                             |
|                                  | - Jaringan / Bay Normal                       | 0,02729 | 0,008                       | 0,0064                             |
|                                  | Kepentingan Peralatan<br>(Bobot : 0,18187)    |         |                             |                                    |
| Dampak<br>(Bobot : 0,79459)      | - Obvitnas                                    | 0,34537 | 0,063                       | 0,0499                             |
|                                  | - Ibu Kota Provinsi                           | 0,18583 | 0,034                       | 0,0269                             |
|                                  | - Ibu Kota Kabupaten                          | 0,06526 | 0,012                       | 0,0094                             |
|                                  | - Pelanggan Premium                           | 0,14206 | 0,026                       | 0,0205                             |
|                                  | - Pelanggan VIP / VVIP                        | 0,14940 | 0,027                       | 0,0216                             |
|                                  | - Pelanggan Besar                             | 0,07521 | 0,014                       | 0,0109                             |
|                                  | - Fasilitas Umum                              | 0,03688 | 0,007                       | 0,0053                             |
|                                  | Area Pemadaman<br>(Bobot : 0,30337)           |         |                             |                                    |
|                                  | - Sistem (Sangat Luas)                        | 0,53413 | 0,162                       | 0,1288                             |
|                                  | - Sub Sistem (Luas)                           | 0,26868 | 0,082                       | 0,0648                             |
|                                  | - Gardu Induk                                 | 0,13014 | 0,039                       | 0,0314                             |
|                                  | - Bay / Peralatan Terkait                     | 0,06706 | 0,020                       | 0,0162                             |
|                                  | Safety Sekitar Instalasi<br>(Bobot : 0,21914) |         |                             |                                    |
|                                  | - Pemukiman Padat                             | 0,83196 | 0,182                       | 0,1449                             |
|                                  | - Lintasan Jalan                              | 0,16804 | 0,037                       | 0,0293                             |

**Gambar 5.** Resume bobot kemungkinan dampak dan sub kriteria dampak

**Tabel 8.** Gangguan MTU *breakdown* tahun 2009 - 2024 dan probabilitas tahun 2025

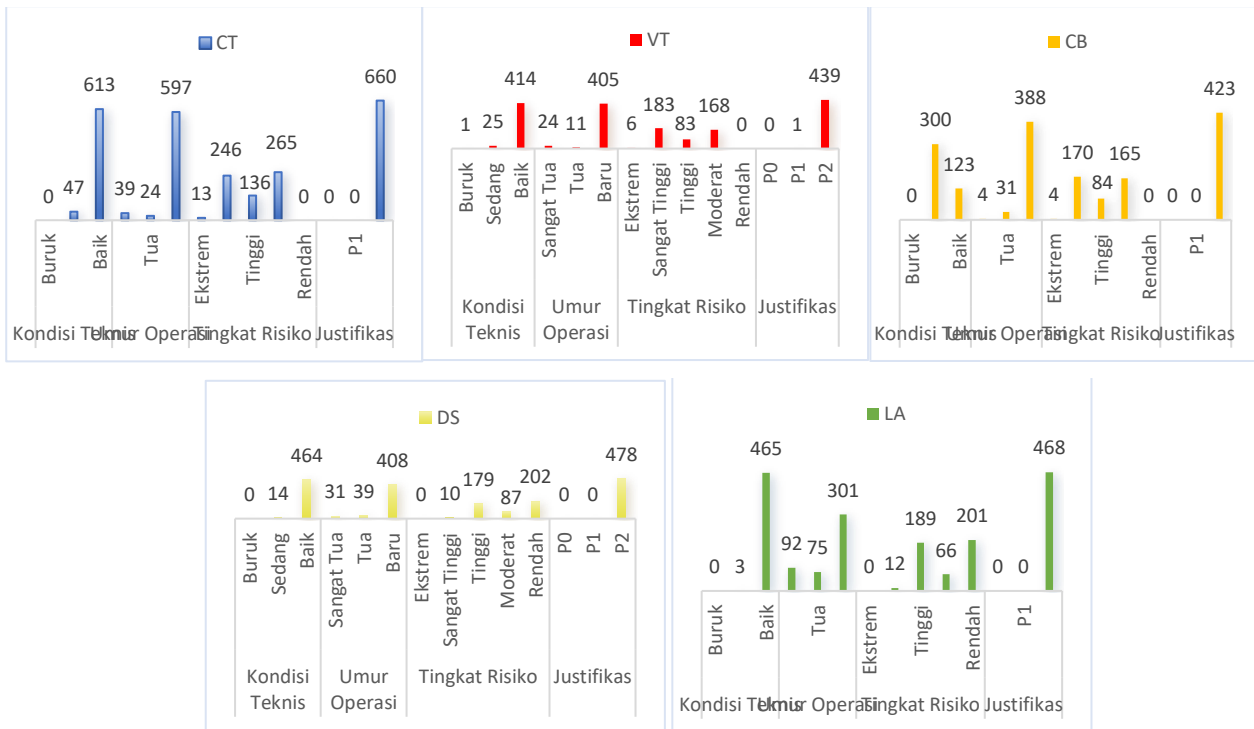
| MTU<br>(Material Transmisi Utama) | Gangguan Breakdown    |                    |               |                        |                     |                         |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
|                                   | Kali<br>(2009 - 2024) | Mean ( $\lambda$ ) | $x$<br>(2025) | Likelihood<br>$\leq X$ | Likelihood<br>$> X$ | Kategori<br>kemungkinan |
| Current Transformer               | 25                    | 1,56               | 0             | 20,96%                 | 79,04%              | BESAR                   |
| Voltage Transformer               | 17                    | 1,06               | 0             | 34,56%                 | 65,44%              | BESAR                   |
| Circuit Breaker                   | 24                    | 1,50               | 0             | 22,31%                 | 77,69%              | BESAR                   |
| Disconnecting Switch              | 7                     | 0,44               | 0             | 64,56%                 | 35,44%              | KECIL                   |
| Lightning Arrester                | 8                     | 0,50               | 0             | 60,56%                 | 39,35%              | KECIL                   |

### B. Health index eksisting

Dengan menggunakan metode eksisting UPT Palembang sesuai Tabel 1, maka diperoleh gambaran kondisi peralatan utama gardu induk, yang dapat dilihat pada Bagan 1.

*Health Index* eksisting tersebut terlihat jelas kurang optimal untuk diterapkan dalam identifikasi dan justifikasi prioritas penggantian peralatan

utama gardu induk karena banyaknya peralatan yang memiliki justifikasi sama sehingga mempersulit penentuan prioritas penggantian peralatan tersebut. Selain karena proses asesmennya yang hanya menggunakan kondisi teknis yang dinyatakan dalam skor asesmen, proses identifikasi dan penentuan skala prioritas penggantian tidak dapat dilakukan karena belum dinyatakan dalam suatu urutan atau peringkat penggantian.



**Bagan 1.** Kondisi peralatan utama gardu induk UPT Palembang menggunakan metode eksisiting

### C. Health Index metode MCDM

Sesuai dengan metodologi, beberapa metode MCDM seperti pada metode WSM, SAW dan TOPSIS digunakan untuk menghitung *Health Index* dan mengidentifikasi prioritas penggantian di setiap peralatan.

Gambar 6 menampilkan perhitungan *Health Index* pada *Current Transformer* menggunakan beberapa metode MCDM dengan kriteria sesuai Peraturan Internal Perusahaan, sehingga dapat diperoleh 2 (dua) urutan prioritas tertinggi penggantian.

*Health Index* dan urutan prioritas tertinggi penggantian pada peralatan *voltage transformer* juga berhasil diperoleh menggunakan metode MCDM tersebut seperti yang ditampilkan pada Gambar 7.

Begitu juga pada peralatan utama gardu induk yang lain diantaranya *Health Index* dan urutan prioritas tertinggi penggantian pada peralatan *circuit breaker* ditampilkan pada Gambar 8, *disconnecting switch* pada Gambar 9 dan Gambar 10 yang menampilkan perhitungan *Health Index*

dan urutan prioritas tertinggi penggantian *lightning aresster*.

Gambaran kondisi *Health Index* semua peralatan utama gardu induk beserta urutan prioritas pengantiannya ditampilkan pada Bagan 2. *Health Index* dan prioritas penggantian peralatan *current transformer* (CT) untuk peralatan *current transformer*, Bagan 3 *Health Index* dan prioritas penggantian peralatan *voltage transformer* (VT) untuk *voltage transformer*, Bagan 4 *Health Index* dan prioritas penggantian peralatan *circuit breaker* (CB) untuk *circuit breaker*, Bagan 5 *Health Index* dan prioritas penggantian peralatan *disconnecting switch* (DS) untuk *disconnecting switch*, dan Bagan 6 menampilkan *lightning arresters*.

Dari gambar dan bagan tersebut terlihat bahwa setiap metode MCDM menghasilkan nilai *Health Index* dan urutan prioritas yang berbeda - beda, sehingga diperlukan pengujian lanjutan sehingga diketahui metode terbaik untuk digunakan dalam perhitungan *Health Index* dan justifikasi prioritas penggantian peralatan utama gardu induk di UPT Palembang. Salah satu metode pengujian lanjutan tersebut adalah menggunakan *Rank Performance Index - stability rank approach*.

**Novi Hendriansyah & Rinaldy Dalimi**  
**METROTECH (Journal of Mechanical and Electrical Technology)**

| CURRENT TRANSFORMER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko        | Nilai Bobot |         |         | WEIGHTED SUM MODEL (WSM) |         |          |   | Kategori | RANK |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---------------|-------------|---------|---------|--------------------------|---------|----------|---|----------|------|
|                     |                               |                      |               | Teknis      | Umur    | Risiko  | TOTAL SCORE              | HI      | KATEGORI |   |          |      |
|                     |                               |                      |               |             |         |         |                          |         |          |   |          |      |
|                     | 1                             | 1                    | Rendah        | 0,01641     | 0,00518 | 0,04051 | 0,02112                  | 100,00% | Good     |   |          |      |
|                     | 10                            | 26                   | Ekstrem       | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,37501                  | 0,00%   | Poor     |   |          |      |
| CT126               | 2                             | 26                   | Sangat Tinggi | 0,01982     | 0,70483 | 0,26536 | 0,14737                  | 64,32%  | Fair     | 1 |          |      |
| CT291               | 3                             | 8                    | Ekstrem       | 0,03009     | 0,04146 | 0,47947 | 0,13977                  | 66,47%  | Fair     | 2 |          |      |

(i)

| CURRENT TRANSFORMER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko        | Nilai Bobot |         |         | Nilai Rating Kinerja (Normalisasi SAW) |         |         | SIMPEL ADDITIVE WEIGHTING (SAW) |         |          |      |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---------------|-------------|---------|---------|----------------------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|----------|------|
|                     |                               |                      |               | Teknis      | Umur    | Risiko  | Teknis                                 | Umur    | Risiko  | Nilai Bobot Preferensi (V1)     | HI      | KATEGORI | RANK |
|                     |                               |                      |               |             |         |         |                                        |         |         |                                 |         |          |      |
|                     | 1                             | 1                    | Rendah        | 0,01641     | 0,00518 | 0,04051 | 1,00000                                | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000                         | 100,00% | Good     |      |
|                     | 10                            | 26                   | Ekstrem       | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,05722                                | 0,00735 | 0,08450 | 0,05884                         | 0,00%   | Poor     |      |
| CT78                | 6                             | 20                   | Sangat Tinggi | 0,07492     | 0,15441 | 0,26536 | 0,21906                                | 0,03357 | 0,15268 | 0,18455                         | 13,36%  | Poor     | 1    |
| CT163               | 6                             | 8                    | Sangat Tinggi | 0,07492     | 0,04146 | 0,26536 | 0,21906                                | 0,12500 | 0,15268 | 0,19366                         | 14,32%  | Poor     | 2    |

(ii)

| CURRENT TRANSFORMER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko        | Nilai Bobot |         |         | Matriks Ternormalisasi (Rij) |         |         | Matriks Ternormalisasi Terbobot (W) |         |         | Solusi Ideal Positif |         |         | Solusi Ideal Negatif |         |         | Jarak antar Nilai Terbobot terhadap Solusi Ideal Positif | Jarak antar Nilai Terbobot terhadap Solusi Ideal Negatif | TOPSIS           |         |          |      |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---------------|-------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|---------|----------|------|
|                     |                               |                      |               | Teknis      | Umur    | Risiko  | Teknis                       | Umur    | Risiko  | Teknis                              | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  |                                                          |                                                          | Nilai Preferensi | HI      | KATEGORI | RANK |
|                     |                               |                      |               |             |         |         |                              |         |         |                                     |         |         |                      |         |         |                      |         |         |                                                          |                                                          |                  |         |          |      |
|                     | 1                             | 1                    | Rendah        | 0,01641     | 0,00518 | 0,04051 | 0,02540                      | 0,00125 | 0,00815 | 0,01674                             | 0,00012 | 0,00197 | 0,01674              | 0,00012 | 0,00197 | 0,29250              | 0,01691 | 0,02331 | 0,00000                                                  | 0,27710                                                  | 1,00000          | 100,00% | Good     |      |
|                     | 10                            | 26                   | Ekstrem       | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,44396                      | 0,16974 | 0,09650 | 0,29250                             | 0,01691 | 0,02331 | 0,01674              | 0,00012 | 0,00197 | 0,29250              | 0,01691 | 0,02331 | 0,27710                                                  | 0,00000                                                  | 0,00000          | 0,00%   | Poor     |      |
| CT567               | 6                             | 27                   | Moderat       | 0,07492     | 0,70483 | 0,07061 | 0,11596                      | 0,16974 | 0,01421 | 0,07640                             | 0,01691 | 0,00343 | 0,01674              | 0,00012 | 0,00197 | 0,29250              | 0,01691 | 0,02331 | 0,06200                                                  | 0,21701                                                  | 0,77779          | 77,78%  | Fair     | 1    |
| CT78                | 6                             | 20                   | Sangat Tinggi | 0,07492     | 0,15441 | 0,26536 | 0,11596                      | 0,03718 | 0,05341 | 0,07640                             | 0,00370 | 0,01290 | 0,01674              | 0,00012 | 0,00197 | 0,29250              | 0,01691 | 0,02331 | 0,06076                                                  | 0,21675                                                  | 0,78105          | 78,10%  | Fair     | 2    |

(iii)

Gambar 6. Perhitungan *health index* dan prioritas penggantian *current transformer*

(i) WSM, (ii) SAW dan (iii) TOPSIS

**Gambar 6.** Perhitungan *health index* dan prioritas penggantian *current transformer*  
(i) WSM, (ii) SAW dan (iii) TOPSIS

| VOLTAGE TRANSFORMER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko        | Nilai Bobot |         |         | WEIGHTED SUM MODEL (WSM) |         |          |   | Kategori | RANK |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---------------|-------------|---------|---------|--------------------------|---------|----------|---|----------|------|
|                     |                               |                      |               | Teknis      | Umur    | Risiko  | TOTAL SCORE              | HI      | KATEGORI |   |          |      |
|                     |                               |                      |               |             |         |         |                          |         |          |   |          |      |
|                     | 1                             | 1                    | Rendah        | 0,01641     | 0,00518 | 0,04051 | 0,02112                  | 100,00% | Good     |   |          |      |
|                     | 10                            | 26                   | Ekstrem       | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,37501                  | 0,00%   | Poor     |   |          |      |
| VT117               | 2                             | 38                   | Sangat Tinggi | 0,01982     | 0,70483 | 0,26536 | 0,14737                  | 64,32%  | Fair     | 1 |          |      |
| VT180               | 2                             | 8                    | Ekstrem       | 0,01982     | 0,04146 | 0,47947 | 0,13300                  | 68,38%  | Fair     | 2 |          |      |

(i)

| VOLTAGE TRANSFORMER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko        | Nilai Bobot |         |         | Nilai Rating Kinerja (Normalisasi SAW) |         |         | SIMPEL ADDITIVE WEIGHTING (SAW) |         |          |      |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---------------|-------------|---------|---------|----------------------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|----------|------|
|                     |                               |                      |               | Teknis      | Umur    | Risiko  | Teknis                                 | Umur    | Risiko  | Nilai Bobot Preferensi (V1)     | HI      | KATEGORI | RANK |
|                     |                               |                      |               |             |         |         |                                        |         |         |                                 |         |          |      |
|                     | 1                             | 1                    | Rendah        | 0,01641     | 0,00518 | 0,04051 | 1,00000                                | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000                         | 100,00% | Good     |      |
|                     | 10                            | 26                   | Ekstrem       | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,05722                                | 0,00735 | 0,08450 | 0,05884                         | 0,00%   | Poor     |      |
| VT438               | 6                             | 6                    | Moderat       | 0,15416     | 0,03110 | 0,07061 | 0,10646                                | 0,16667 | 0,57376 | 0,22533                         | 17,69%  | Poor     | 1    |
| VT257               | 3                             | 9                    | Sangat Tinggi | 0,03009     | 0,04665 | 0,26536 | 0,54548                                | 0,11111 | 0,15268 | 0,40733                         | 37,03%  | Poor     | 2    |

(ii)

| VOLTAGE TRANSFORMER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko  | Nilai Bobot |         |         | Matriks Ternormalisasi (Rij) |         |         | Matriks Ternormalisasi Terbobot (W) |         |         | Solusi Ideal Positif |         |         | Solusi Ideal Negatif |         |         | Jarak antar Nilai Terbobot terhadap Solusi Ideal Positif | Jarak antar Nilai Terbobot terhadap Solusi Ideal Negatif | TOPSIS           |         |          |      |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---------|-------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|---------|----------|------|
|                     |                               |                      |         | Teknis      | Umur    | Risiko  | Teknis                       | Umur    | Risiko  | Teknis                              | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  |                                                          |                                                          | Nilai Preferensi | HI      | KATEGORI | RANK |
|                     |                               |                      |         |             |         |         |                              |         |         |                                     |         |         |                      |         |         |                      |         |         |                                                          |                                                          |                  |         |          |      |
|                     | 1                             | 1                    | Rendah  | 0,01641     | 0,00518 | 0,04051 | 0,03080                      | 0,00148 | 0,00981 | 0,02030                             | 0,00015 | 0,00237 | 0,02030              | 0,00015 | 0,00237 | 0,35470              | 0,02002 | 0,02804 | 0,00000                                                  | 0,33598                                                  | 1,00000          | 100,00% | Good     |      |
|                     | 10                            | 26                   | Ekstrem | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,53837                      | 0,20095 | 0,11610 | 0,35470                             | 0,02002 | 0,02804 | 0,02030              | 0,00015 | 0,00237 | 0,35470              | 0,02002 | 0,02804 | 0,33616                                                  | 0,00000                                                  | 0,00000          | 0,00%   | Poor     |      |
| VT438               | 6                             | 6                    | Moderat | 0,15416     | 0,03110 | 0,07061 | 0,28935                      | 0,00887 | 0,01710 | 0,19064                             | 0,00088 | 0,00413 | 0,02030              | 0,00015 | 0,00237 | 0,35470              | 0,02002 | 0,02804 | 0,17035                                                  | 0,16690                                                  | 0,49489          | 49,49%  | Fair     | 1    |
| VT180               | 2                             | 8                    | Ekstrem | 0,01982     | 0,04146 | 0,47947 | 0,05647                      | 0,20095 | 0,01710 | 0,03721                             | 0,02002 | 0,00413 | 0,02030              | 0,00015 | 0,00237 | 0,35470              | 0,02002 | 0,02804 | 0,02615                                                  | 0,31840                                                  | 0,92410          | 92,41%  | Good     | 2    |

(iii)

Gambar 7. Perhitungan *health index* dan prioritas penggantian *voltage transformer*

(i) WSM, (ii) SAW dan (iii) TOPSIS

**Gambar 7.** Perhitungan *health index* dan prioritas penggantian *voltage transformer*  
(i) WSM, (ii) SAW dan (iii) TOPSIS

| CIRCUIT BREAKER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko        | Nilai Bobot |         |         | WEIGHTED SUM MODEL (WSM) |         |          |   | Kategori | RANK |
|-----------------|-------------------------------|----------------------|---------------|-------------|---------|---------|--------------------------|---------|----------|---|----------|------|
|                 |                               |                      |               | Teknis      | Umur    | Risiko  | TOTAL SCORE              | HI      | KATEGORI |   |          |      |
|                 |                               |                      |               |             |         |         |                          |         |          |   |          |      |
|                 | 1                             | 1                    | Rendah        | 0,01641     | 0,00518 | 0,04051 | 0,02112                  | 100,00% | Good     |   |          |      |
|                 | 10                            | 21                   | Ekstrem       | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,37501                  | 0,00%   | Poor     |   |          |      |
| CB25            | 6                             | 21                   | Sangat Tinggi | 0,07492     | 0,70483 | 0,26536 | 0,18367                  | 54,07%  | Fair     | 1 |          |      |
| CB37            | 4                             | 21                   | Sangat Tinggi | 0,04069     | 0,70483 | 0,26536 | 0,16112                  | 60,44%  | Fair     | 2 |          |      |

(i)

| CIRCUIT BREAKER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko        | Nilai Bobot |         |         | Nilai Rating Kinerja (Normalisasi SAW) |         |         | SIMPEL ADDITIVE WEIGHTING (SAW) |         |          |      |
|-----------------|-------------------------------|----------------------|---------------|-------------|---------|---------|----------------------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|----------|------|
|                 |                               |                      |               | Teknis      | Umur    | Risiko  | Teknis                                 | Umur    | Risiko  | Nilai Bobot Preferensi (V1)     | HI      | KATEGORI | RANK |
|                 |                               |                      |               |             |         |         |                                        |         |         |                                 |         |          |      |
|                 | 1                             | 1                    | Rendah        | 0,01641     | 0,00518 | 0,04051 | 1,00000                                | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000                         | 100,00% | Good     |      |
|                 | 10                            | 21                   | Ekstrem       | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,05722                                | 0,00735 | 0,08450 | 0,05884                         | 0,00%   | Poor     |      |
| CB25            | 6                             | 21                   | Sangat Tinggi | 0,07492     | 0,70483 | 0,26536 | 0,21906                                | 0,00735 | 0,15268 | 0,18194                         | 13,08%  | Poor     | 1    |
| CB132           | 6                             | 13                   | Sangat Tinggi | 0,07492     | 0,06738 | 0,26536 | 0,21906                                | 0,07692 | 0,15268 | 0,18887                         | 13,82%  | Poor     | 2    |

(ii)

| GI - Bay - Phasa           | CIRCUIT BREAKER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko        | Matriks Ternormalisasi (Rij) |         |         | Matriks Ternormalisasi Terbobot (W) |         |         | Solusi Ideal Positif |         |         | Solusi Ideal Negatif |         |         | Jarak antar Nilai Terbobot terhadap Solusi Ideal Positif | Jarak antar Nilai Terbobot terhadap Solusi Ideal Negatif | TOPSIS  |         |        |                  |    |          |      |
|----------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|---------------|------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------|---------|--------|------------------|----|----------|------|
|                            |                 |                               |                      |               | Teknis                       | Umur    | Risiko  | Teknis                              | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  |                                                          |                                                          | Teknis  | Umur    | Risiko | Nilai Preferensi | HI | KATEGORI | RANK |
|                            |                 |                               |                      |               |                              |         |         |                                     |         |         |                      |         |         |                      |         |         |                                                          |                                                          |         |         |        |                  |    |          |      |
| BEST CONDITION             |                 | 1                             | 1                    | Rendah        | 0,02025                      | 0,00180 | 0,01023 | 0,01334                             | 0,00018 | 0,00247 | 0,01334              | 0,00018 | 0,00247 | 0,23323              | 0,02435 | 0,02924 | 0,00000                                                  | 0,22282                                                  | 1,00000 | 100,00% | Good   |                  |    |          |      |
| WORST CONDITION            |                 | 10                            | 21                   | Ekstrem       | 0,35399                      | 0,24441 | 0,12106 | 0,23323                             | 0,02435 | 0,02924 | 0,01334              | 0,00018 | 0,00247 | 0,23323              | 0,02435 | 0,02924 | 0,22282                                                  | 0,00000                                                  | 0,00000 | 0,00%   | Poor   |                  |    |          |      |
| BOOM BARU-TD81 30 MVA-RST  | CB25            | 6                             | 21                   | Sangat Tinggi | 0,09246                      | 0,24441 | 0,06700 | 0,06092                             | 0,02435 | 0,01618 | 0,01334              | 0,00018 | 0,00247 | 0,23323              | 0,02435 | 0,02924 | 0,05509                                                  | 0,17280                                                  | 0,75825 | 75,82%  | Fair   | 1                |    |          |      |
| SEDUDUK PUTIH-BOOMBARU 2-R | CB132           | 6                             | 13                   | Sangat Tinggi | 0,09246                      | 0,02336 | 0,06700 | 0,06092                             | 0,00233 | 0,01618 | 0,01334              | 0,00018 | 0,00247 | 0,23323              | 0,02435 | 0,02924 | 0,04956                                                  | 0,17420                                                  | 0,77852 | 77,85%  | Fair   | 2                |    |          |      |

(iii)

**Gambar 8.** Perhitungan *health index* dan prioritas penggantian *circuit breaker*

(i) WSM, (ii) SAW dan (iii) TOPSIS

| DISCONNECTING SWITCH | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko Tingkat Risiko | Nilai Bobot |         |         | Matriks Ternormalisasi (Rij) |         |         | Matriks Ternormalisasi Terbalik (W) |         |         | Solusi Ideal Positif |         |         | Solusi Ideal Negatif |         |         | Jarak antara Nilai Terkecil terhadap Solusi Ideal Positif |      | Jarak antara Nilai Terkecil terhadap Solusi Ideal Negatif |        | TOPSIS |   |  |  |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------|--------|--------|---|--|--|
|                      |                               |                      |                       | Teknis      | Umur    | Risiko  | Teknis                       | Umur    | Risiko  | Teknis                              | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  | Nilai Preferensi                                          | HI   | KATEGORI                                                  | RANK   |        |   |  |  |
|                      |                               |                      |                       |             |         |         |                              |         |         |                                     |         |         |                      |         |         |                      |         |         |                                                           |      |                                                           |        |        |   |  |  |
|                      |                               |                      |                       |             |         |         |                              |         |         |                                     |         |         |                      |         |         |                      |         |         |                                                           |      |                                                           |        |        |   |  |  |
|                      | 1                             | 1                    | Rendah                | 0,03069     | 0,00115 | 0,01741 | 0,02022                      | 0,00011 | 0,00421 | 0,02022                             | 0,00011 | 0,00421 | 0,35336              | 0,01556 | 0,04977 | 0,00000              | 0,33659 | 1,00000 | 1,00000                                                   | Good | 100,00%                                                   | Good   |        |   |  |  |
|                      | 10                            | 21                   | Ekstrem               | 0,53633     | 0,15617 | 0,20604 | 0,35336                      | 0,01556 | 0,04977 | 0,02022                             | 0,00011 | 0,00421 | 0,35336              | 0,01556 | 0,04977 | 0,33717              | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000                                                   | Poor | 0,00%                                                     | Poor   |        |   |  |  |
| DS244                | 6                             | 16                   | Tinggi                | 0,14009     | 0,02716 | 0,06190 | 0,09230                      | 0,00271 | 0,01495 | 0,02022                             | 0,00011 | 0,00421 | 0,35336              | 0,01556 | 0,04977 | 0,07292              | 0,26368 | 0,78337 | 0,78337                                                   | Fair | 1,00000                                                   | 78,17% | Fair   | 1 |  |  |
| DS226                | 6                             | 13                   | Tinggi                | 0,14009     | 0,01493 | 0,06190 | 0,09230                      | 0,00149 | 0,01495 | 0,02022                             | 0,00011 | 0,00421 | 0,35336              | 0,01556 | 0,04977 | 0,07289              | 0,26375 | 0,78348 | 0,78348                                                   | Fair | 2,00000                                                   | 78,18% | Fair   | 2 |  |  |

(iii)

**Gambar 9.** Perhitungan *health index* dan prioritas penggantian *disconnecting switch*

(i) WSM, (ii) SAW dan (iii) TOPSIS

| LIGHTNING ARRESTER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko Tingkat Risiko | Nilai Bobot |         |         | WEIGHTED SUM MODEL (WSM) |         |          |      | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko Tingkat Risiko | Nilai Bobot |         |         | Nilai Rating Kinerja (Normalisasi SAW) |         |         |                            | SIMPEL ADDITIVE WEIGHTING (SAW) |          |         |         |        |      |    |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |      |   |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|---------|---------|--------------------------|---------|----------|------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|---------|---------|----------------------------------------|---------|---------|----------------------------|---------------------------------|----------|---------|---------|--------|------|----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|------|---|
|                    |                               |                      |                       | Teknis      | Umur    | Risiko  | TOTAL SCORE              | HI      | KATEGORI | RANK |                               |                      |                       | Teknis      | Umur    | Risiko  | Cost                                   | Cost    | Cost    | Nilai Bobot Preferensi (V) | HI                              | KATEGORI | RANK    |         |        |      |    |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |      |   |
|                    |                               |                      |                       |             |         |         |                          |         |          |      |                               |                      |                       |             |         |         |                                        |         |         |                            |                                 |          |         |         |        |      |    |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |      |   |
|                    | 1                             | 1                    | Rendah                | 0,01641     | 0,00806 | 0,04051 | 0,02140                  | 100,00% | Good     |      |                               | 1                    | 1                     | Rendah      | 0,01641 | 0,00806 | 0,04051                                | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000                    | 100,00%                         | Good     |         |         |        | 1    | 1  | Rendah | 0,01641 | 0,00806 | 0,04051 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 100,00% | Good    |         |         |         |         |        |      |   |
|                    | 10                            | 16                   | Ekstrem               | 0,28684     | 0,70483 | 0,47947 | 0,37501                  | 0,00%   | Poor     |      |                               | 10                   | 16                    | Ekstrem     | 0,28684 | 0,70483 | 0,47947                                | 0,05722 | 0,01144 | 0,08450                    | 0,05925                         | 0,00%    | Poor    |         |        |      | 10 | 16     | Ekstrem | 0,28684 | 0,70483 | 0,47947 | 0,05722 | 0,01144 | 0,08450 | 0,05925 | 0,00%   | Poor    |         |         |        |      |   |
| LA55               | 2                             | 21                   | Tinggi                | 0,01982     | 0,70483 | 0,14405 | 0,11807                  | 72,66%  | Fair     | 1    |                               | 2                    | 21                    | Tinggi      | 0,01982 | 0,70483 | 0,14405                                | 0,03009 | 0,70483 | 0,07061                    | 0,54548                         | 0,01144  | 0,57376 | 0,49911 | 46,76% | Fair | 1  | 2      | 21      | Tinggi  | 0,01982 | 0,70483 | 0,14405 | 0,03009 | 0,70483 | 0,07061 | 0,54548 | 0,01144 | 0,57376 | 0,49911 | 46,76% | Fair | 1 |
| LA46               | 1                             | 31                   | Tinggi                | 0,01641     | 0,70483 | 0,14405 | 0,11582                  | 73,30%  | Fair     | 2    |                               | 1                    | 31                    | Tinggi      | 0,01641 | 0,70483 | 0,14405                                | 0,01982 | 0,04837 | 0,26536                    | 0,82788                         | 0,16667  | 0,15268 | 0,59892 | 57,37% | Fair | 2  | 1      | 31      | Tinggi  | 0,01641 | 0,70483 | 0,14405 | 0,01982 | 0,04837 | 0,26536 | 0,82788 | 0,16667 | 0,15268 | 0,59892 | 57,37% | Fair | 2 |

(i)

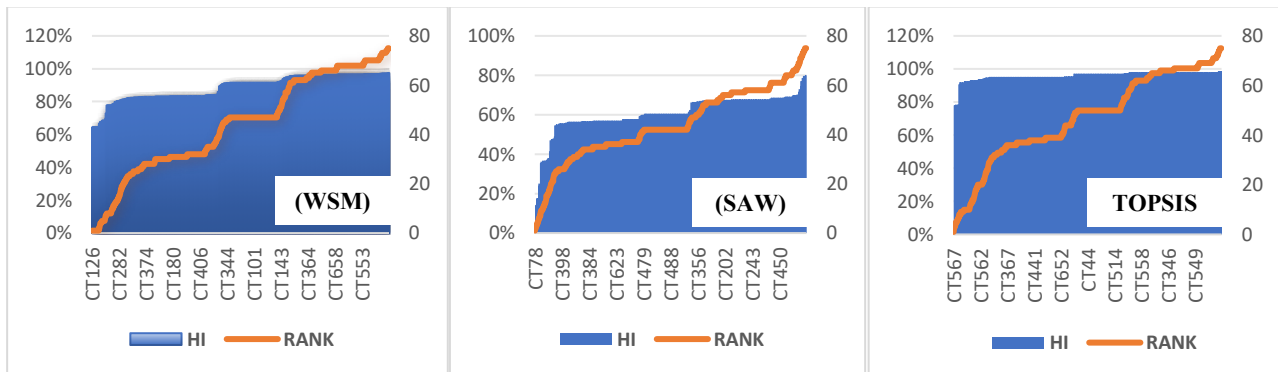
(ii)

| LIGHTNING ARRESTER | Kondisi Teknis (Skor Asesmen) | Umur Operasi (Tahun) | Risiko Tingkat Risiko | Nilai Bobot |         |         | Matriks Ternormalisasi (Rij) |         |         | Matriks Ternormalisasi Terbalik (W) |         |         | Solusi Ideal Positif |         |         | Solusi Ideal Negatif |         |         | Jarak antara Nilai Terkecil terhadap Solusi Ideal Positif |         | Jarak antara Nilai Terkecil terhadap Solusi Ideal Negatif |        | TOPSIS |   |  |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------|--------|--------|---|--|
|                    |                               |                      |                       | Teknis      | Umur    | Risiko  | Teknis                       | Umur    | Risiko  | Teknis                              | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  | Teknis               | Umur    | Risiko  | Nilai Preferensi                                          | HI      | KATEGORI                                                  | RANK   |        |   |  |
|                    |                               |                      |                       |             |         |         |                              |         |         |                                     |         |         |                      |         |         |                      |         |         |                                                           |         |                                                           |        |        |   |  |
|                    |                               |                      |                       |             |         |         |                              |         |         |                                     |         |         |                      |         |         |                      |         |         |                                                           |         |                                                           |        |        |   |  |
| 1                  | 1                             | Rendah               | 0,03439               | 0,00117     | 0,01703 | 0,02266 | 0,00012                      | 0,00411 | 0,02266 | 0,00012                             | 0,00411 | 0,39604 | 0,01021              | 0,04869 | 0,00000 | 0,37616              | 1,00000 | 1,00000 | Good                                                      | 100,00% | Good                                                      |        |        |   |  |
| 10                 | 16                            | Ekstrem              | 0,60111               | 0,10251     | 0,20159 | 0,39604 | 0,01021                      | 0,04869 | 0,02266 | 0,00012                             | 0,00411 | 0,39604 | 0,01021              | 0,04869 | 0,37666 | 0,00000              | 0,00000 | 0,00000 | Poor                                                      | 0,00%   | Poor                                                      |        |        |   |  |
| LA220              | 2                             | 6                    | Sangat Tinggi         | 0,04154     | 0,00704 | 0,11157 | 0,02737                      | 0,00070 | 0,02695 | 0,02266                             | 0,00012 | 0,00411 | 0,39604              | 0,01021 | 0,04869 | 0,02332              | 0,36943 | 0,94062 | 0,94062                                                   | Good    | 1,00000                                                   | 93,13% | Good   | 1 |  |
| LA229              | 1                             | 6                    | Sangat Tinggi         | 0,03439     | 0,00704 | 0,11157 | 0,02266                      | 0,00070 | 0,02695 | 0,02266                             | 0,00012 | 0,00411 | 0,39604              | 0,01021 | 0,04869 | 0,02284              | 0,37413 | 0,94246 | 0,94246                                                   | Good    | 2,00000                                                   | 93,31% | Good   | 2 |  |

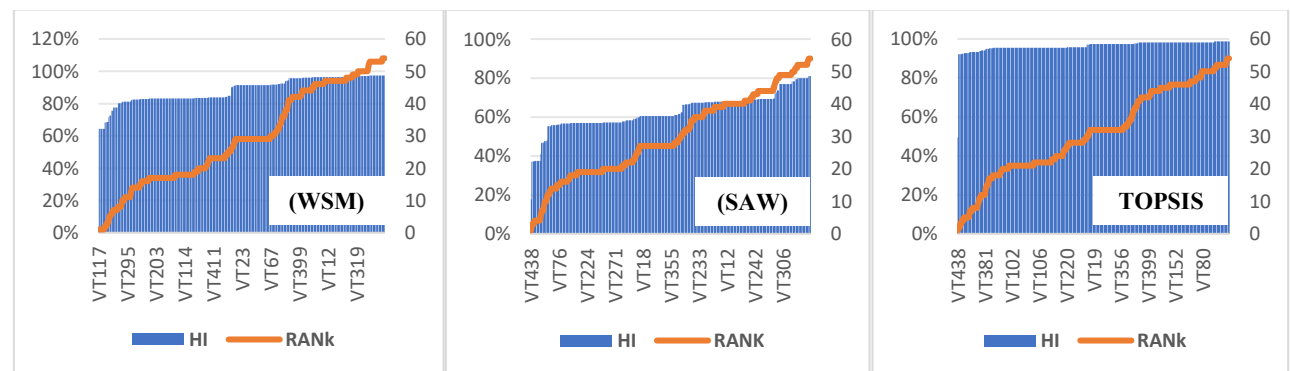
(iii)

**Gambar 10.** Perhitungan *health index* dan prioritas penggantian *lightning arrester*

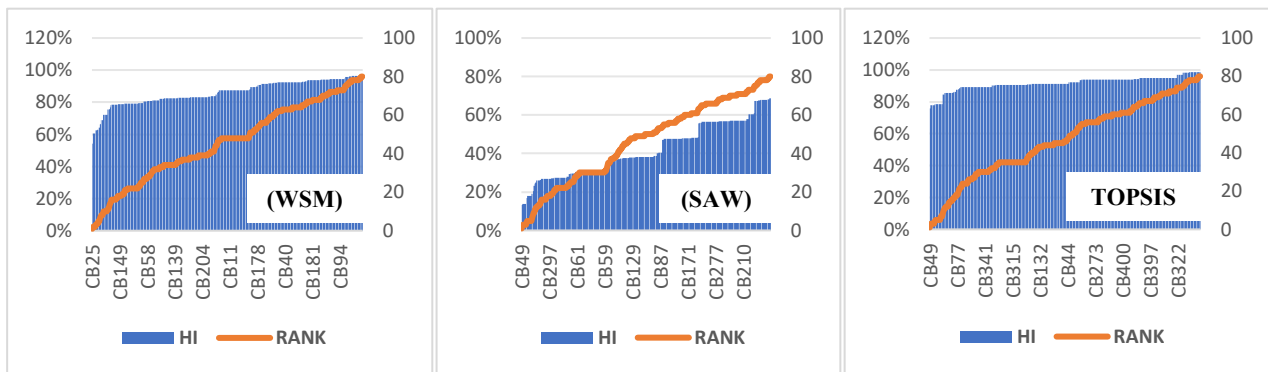
(i) WSM, (ii) SAW dan (iii) TOPSIS



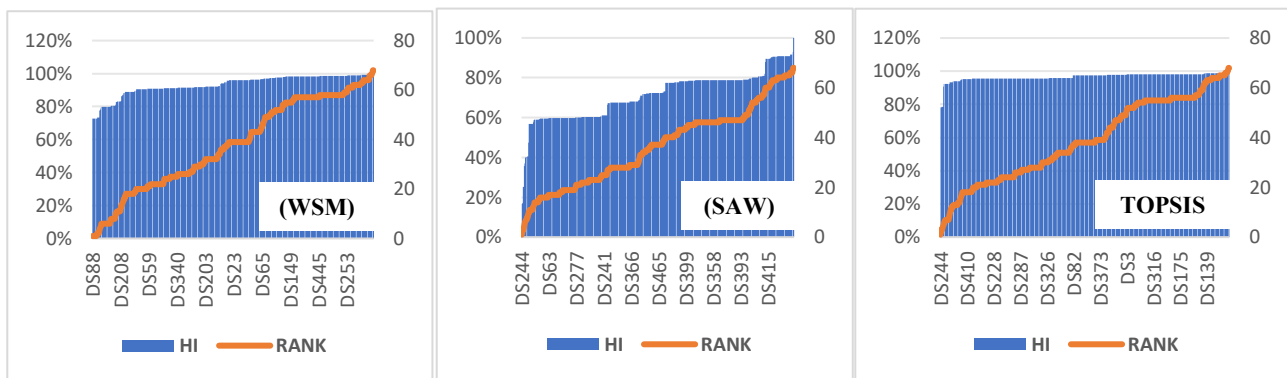
**Bagan 2.** *Health index* dan prioritas penggantian peralatan *current transformer* (CT)



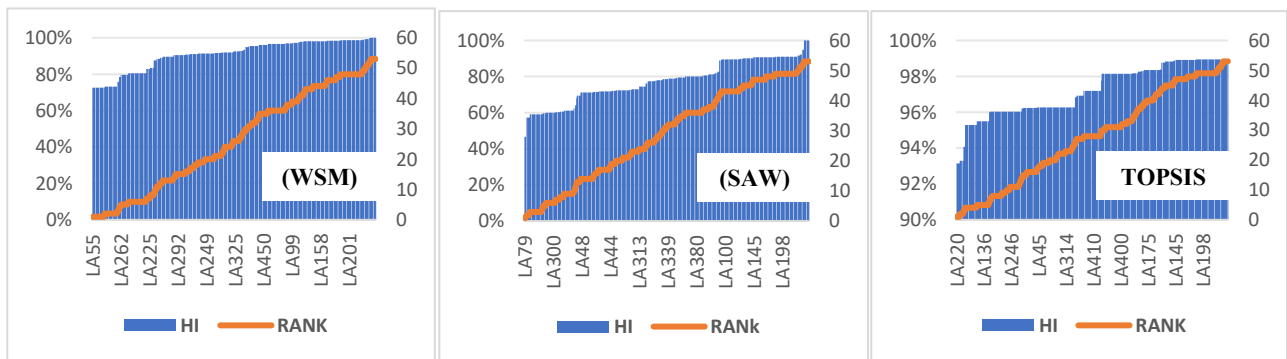
**Bagan 3.** *Health index* dan prioritas penggantian peralatan *voltage transformer* (VT)



**Bagan 4.** Health index dan prioritas penggantian peralatan *circuit breakaer* (CB)



**Bagan 5.** Health index dan prioritas penggantian peralatan *disconnecting switch* (DS)



**Bagan 6.** Health index dan prioritas penggantian peralatan *lightning arrester*

#### D. Uji stability rank metode MCDM

Hasil peringkat penggantian peralatan ketiga metode perhitungan *Health Index* yang menggunakan bobot semua skenario dibandingkan, sehingga didapatkan metode yang memiliki

persentase terbesar jumlah alternatif atau peralatan yang dapat mempertahankan peringkat aslinya sesuai bobot awal. Adapun *Rank Performance Index* (RPI) - *stable rank approach* dari ketiga metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Uji stability metode MCMD dengan *Rank Performance Index* (RPI) - *stable rank approach*

| Material Transmisi Utama | Jumlah MTU | Jumlah Skenario | $\Sigma$ Alternatif Semua Skenario (n) | $\Sigma (R_{i1} = R_{ij})$ |       |        | Stability Rank (%) |       |        |
|--------------------------|------------|-----------------|----------------------------------------|----------------------------|-------|--------|--------------------|-------|--------|
|                          |            |                 |                                        | WSM                        | SAW   | TOPSIS | WSM                | SAW   | TOPSIS |
| Current Transformer      | 660 unit   | 6               | 3.960                                  | 2.807                      | 3.136 | 2.396  | 70,88              | 79,19 | 60,51  |
| Voltage Transformer      | 440 unit   | 6               | 2.640                                  | 2.207                      | 2.076 | 2.088  | 83,60              | 78,64 | 79,08  |



|                             |                         |          |               |               |               |               |              |              |              |
|-----------------------------|-------------------------|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>Circuit Breaker</i>      | 478 set /<br>1.426 unit | 6        | 8.556         | 6.030         | 5.663         | 7.858         | 64,32        | 73,07        | 63,87        |
| <i>Disconnecting Switch</i> | 423 set /<br>567 unit   | 6        | 3.402         | 2.312         | 2.663         | 2.215         | 70,48        | 66,19        | 91,84        |
| <i>Lightning Arrester</i>   | 468 unit                | 6        | 2.808         | 2.238         | 2.219         | 2.113         | 79,70        | 79,02        | 75,25        |
| <b>Total MTU</b>            | <b>3.561</b>            | <b>6</b> | <b>21.366</b> | <b>11.009</b> | <b>15.757</b> | <b>16.670</b> | <b>72,40</b> | <b>72,92</b> | <b>77,82</b> |

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) memiliki nilai *Stability Rank* (SR) yang lebih baik yaitu 77,82% dibandingkan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dengan nilai SR 72,92% dan metode *Weighted Sum Model* (WSM) dengan nilai SR hanya 72,40%, sehingga opsi terbaik perhitungan *Health Index* UPT Palembang adalah menggunakan metode tersebut.

Pengembangan metode perhitungan *Health Index* dengan menambahkan kriteria umur operasi dan tingkat risiko peralatan selain kondisi teknis telah menghasilkan sistem penilaian *Health Index* yang lebih optimal pada proses asesmen peralatan gardu induk di UPT Palembang, karena telah menggambarkan peringkat kondisi peralatan dari semua kriteria sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan terkait identifikasi prioritas dan justifikasi usulan penggantian peralatan gardu induk yang cepat dan tepat.

Penelitian ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengkombinasikannya bersama pendekatan model *machine learning* sehingga dapat memprediksi *Health Index* peralatan utama gardu induk. Metode dan pendekatan yang dikemukakan dalam penelitian ini juga dapat digunakan untuk diimplementasikan pada perhitungan *Health Index* peralatan di sistem kelistrikan yang lain.

#### REFERENSI

- [1] PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera, "Buku Asesmen Peralatan Gardu induk," 2019, *PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera*.
- [2] PT PLN (Persero), "Keputusan Direksi No 149.K/DIR/2013 Tentang Kriteria Penggantian Peralatan Utama Gardu induk di Lingkungan PT PLN (Persero)," 2013, *PT PLN (Persero)*.
- [3] W. R. Tamma, R. A. Prasajo, and Suwarno, "Assessment of High Voltage Power Transformer Aging Condition Based on Health Index Value Considering Its Apparent and Actual Age," in *ICITEE 2020 - Proceedings of the 12th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering*, 2020, pp. 292–296. doi: 10.1109/ICITEE49829.2020.9271778.
- [4] C. Somboonchaiwong, T. Suwanasri, and C. Suwanasri, "Health index determination of aged high voltage substation in distribution system," in *Proceedings of the 16th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, ECTI-CON 2019*, 2019, pp. 274–277. doi: 10.1109/ECTI-CON47248.2019.8955223.
- [5] A. Setiawan, W. Adiati, and R. A. Prasajo, "An approach of the analytic hierarchy process to acquire the weighting factor of high voltage circuit breaker health index," in *Proceeding - 2nd International Conference on Technology and Policy in Electric Power and Energy, ICT-PEP 2020*, 2020, pp. 317–322. doi: 10.1109/ICT-PEP50916.2020.9249791.
- [6] G. A. Santika and E. Yulianto, "Jurnal Energi dan Ketenagalistrikan Modifikasi Analytic Hierarchy Process dalam Penyusunan Model Indeks Kesehatan Peralatan Gardu induk Jurnal Energi dan Ketenagalistrikan," vol. 1, no. 2, pp. 106–117, 2023.
- [7] K. Witchawut, P. Fuangpian, and T. Suwanasri, "Condition Assessment of a Gas Insulated Substation," *2018 Int. Electr. Eng. Congr.*, pp. 1–4, 2018.
- [8] T. A. Aman, A. S. Mokhtar, and M.

- Aizamtalib, "Assessment The Overall Health Condition of Transformer Using Health Index and Critical Index Approach : TNB Grid Case Study," pp. 235–239, 2020, doi: 10.1109/PECon48942.2020.9314483.
- [9] S. Shaulagara, V. Fazlurrahman, and H. Riyandhini, Putri, "Risk-Based Prioritization Method for Rescheduling Delayed Preventive Maintenance of Electric Power Transmission Assets," *2023 4th Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst.*, pp. 25–28, 2023, doi: 10.1109/ICHVEPS58902.2023.10257532.
- [10] N. Mitsuhiro, T. Shigeyuki, N. Masao, and M. Kouji, "Approach to Asset Management of Substation Equipment in Japan," pp. 4–7, 2020.
- [11] A. Tryollinna, "Optimizing Stakeholder Management: Operational Decision Making for Transformer Replacement," *2019 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst.*, pp. 67–71, 2019.
- [12] A. Radevito, "Analisis Pengambilan Keputusan Multi Kriteria Dalam Penentuan Peringkat Sumber Energi Sektor Ketenagalistrikan di Indonesia Menuju Net Zero Emission," Universitas Indonesia, 2021. [Online]. Available: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20525797&lokasi=lokal>
- [13] K. Nurdianto, "Multi Criteria Decision Making Pada Pemeringkatan Dedieselisasi PLTD Berdasarkan Risiko," Universitas Indonesia, 2024. [Online]. Available: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920548640&lokasi=lokal>
- [14] PT PLN (Persero), "Peraturan Direksi Nomor 0071.P/DIR/2021 Tentang Pedoman Umum Manajemen Risiko Terintegrasi PT PLN (Persero)," 2021, *PT PLN (Persero)*.
- [15] W. H. Syaifudin and A. Choiruddin, *Pengantar Teori Probabilitas dan Statistika*. Elmarkazi, 2021.
- [16] T. L. Saaty and L. G. Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Second Edi., vol. 175. in International Series in Operations Research & Management Science, vol. 175. Boston, MA: Springer US, 2012. doi: 10.1007/978-1-4614-3597-6.
- [17] R. Cornaleus, A. Diana, and D. Achadiani, "Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process Dan Simple Additive Weighting Untuk Pendukung Keputusan Dalam Penentuan Supplier," *Ikraith-Informatika*, vol. 6, no. 3, pp. 132–140, 2022, doi: 10.37817/ikraith-informatika.v6i3.2217.
- [18] Wawan Firgiawan, Sugiarto Cokrowibowo, and Nuralamsah Zulkarnaim, "Komparasi Algoritma SAW, AHP, dan TOPSIS dalam Penentuan Uang Kuliah Tunggal (UKT)," *J. Comput. Inf. Syst. (J-CIS)*, vol. 1, no. 2, pp. 1–11, 2019, doi: 10.31605/jcis.v1i2.426.
- [19] N. Vafaei, R. A. Ribeiro, and L. M. Camarinha-Matos, "Normalization Techniques for Multi-Criteria Decision Making: Analytical Hierarchy Process Case Study Normalization Techniques for Multi-Criteria Decision Making: Analytical Hierarchy Process Case Study," no. April, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-31165-4\_26.