

Penerapan F-AHP dan MOORA dengan Matriks Terbobot dalam Menentukan Prioritas Kebutuhan Tenaga Kesehatan

Adellia Fitria Marta Dewi,
Turmudi*, and Achmad
Nashichuddin

Program Studi Matematika, Fakultas
Sains dan Teknologi, UIN Maulana
Malik Ibrahim Malang, Indonesia

Article History

Received 16 Maret 2026

Revised 15 April 2026

Accepted 27 April 2026

Published 30 April 2026



Copyright © 2026 by Authors, Published by
JRMM Group. This is an open access
article under the CC BY-SA License.



Abstract. This study applies the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) and Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) to prioritize healthcare workforce needs in 20 countries across Europe and Central Asia. Six criteria are considered, namely the number of physicians, nurses, midwives, dentists, pharmacists, and land area. The data were obtained from the World Health Organization (WHO) and Worldometer. F-AHP is used to derive criterion weights through a pairwise comparison matrix based on Triangular Fuzzy Numbers (TFNs), while MOORA is used to calculate preference scores and rank alternatives through a weighted matrix. The F-AHP results indicate that the number of physicians has the highest weight, followed by nurses, midwives, dentists, pharmacists, and land area. The MOORA results show that San Marino, Andorra, and Montenegro are the three highest-priority alternatives. These findings indicate that the integration of F-AHP and MOORA provides a systematic and measurable ranking process. However, the results should be interpreted cautiously because the data are absolute and do not account for healthcare workforce ratios relative to population size.

Keywords: Healthcare Workforce; F-AHP; MOORA; Weighted Matrix; MCDM.

Abstrak. Penelitian ini menerapkan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (F-AHP) dan *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA) untuk menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan pada 20 negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Enam kriteria digunakan, yaitu jumlah dokter, perawat, bidan, dokter gigi, tenaga farmasi, dan luas daratan. Data diperoleh dari *World Health Organization* (WHO) dan *Worldometer*. Metode F-AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria melalui matriks perbandingan berpasangan berbasis *Triangular Fuzzy Number* (TFN), sedangkan MOORA digunakan untuk menghitung nilai preferensi dan peringkat alternatif melalui matriks terbobot. Hasil F-AHP menunjukkan bahwa jumlah dokter memiliki bobot tertinggi, diikuti jumlah perawat, bidan, dokter gigi, tenaga farmasi, dan luas daratan. Hasil MOORA menunjukkan bahwa San Marino, Andorra, dan Montenegro menjadi tiga alternatif dengan prioritas tertinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi F-AHP dan MOORA dapat menghasilkan proses pemeringkatan yang sistematis dan terukur. Namun, interpretasi hasil tetap perlu mempertimbangkan bahwa data yang digunakan bersifat absolut dan belum memperhitungkan rasio tenaga kesehatan terhadap jumlah penduduk.

Kata kunci: Tenaga Kesehatan; F-AHP; MOORA; Matriks Terbobot; MCDM.

1. Pendahuluan

Pengambilan keputusan multikriteria merupakan permasalahan yang kompleks karena melibatkan banyak kriteria yang harus dipertimbangkan secara simultan serta mengandung ketidakpastian dalam proses penilaian [1]. Dalam kondisi tersebut, diperlukan pendekatan yang mampu mengakomodasi ketidakpastian dan subjektivitas agar keputusan yang dihasilkan lebih akurat dan representatif. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah logika *fuzzy*, yang memungkinkan representasi nilai dalam bentuk kontinu antara 0 hingga 1 sehingga lebih fleksibel dibandingkan pendekatan klasik yang bersifat tegas (*crisp*) [1]. Penerapan logika *fuzzy* dalam Sistem Pendukung Keputusan (SPK) terbukti mampu meningkatkan kualitas pengambilan keputusan melalui analisis yang lebih adaptif terhadap kondisi nyata [2].

Dalam SPK, metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) sering digunakan untuk menentukan bobot kriteria melalui perbandingan berpasangan dalam suatu struktur hierarki. Metode ini mampu menyederhanakan permasalahan kompleks menjadi lebih terstruktur. Namun, AHP memiliki keterbatasan karena menggunakan skala penilaian tegas, sehingga kurang mampu merepresentasikan ketidakpastian dalam proses pengambilan keputusan [3]. Untuk mengatasi

keterbatasan tersebut, dikembangkan metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (F-AHP) yang mengintegrasikan konsep logika *fuzzy* ke dalam AHP melalui penggunaan *Triangular Fuzzy Number* (TFN), sehingga mampu menghasilkan bobot kriteria yang lebih representatif [4].

Selain penentuan bobot kriteria, proses pengambilan keputusan juga memerlukan metode untuk mengevaluasi dan memeringkat alternatif. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA). Dalam metode MOORA, kriteria dibedakan menjadi kriteria *benefit* dan *cost* berdasarkan pengaruhnya terhadap fungsi preferensi [5]. Kriteria *benefit* merupakan atribut yang berkontribusi positif sehingga nilai-nilainya dioptimalkan melalui proses maksimisasi, sedangkan kriteria *cost* merupakan atribut yang berkontribusi negatif sehingga nilainya dioptimalkan melalui proses minimisasi. Keunggulan metode MOORA terletak pada kesederhanaan perhitungan, transparansi, serta kemampuannya dalam menghasilkan peringkat alternatif secara jelas dan sistematis [6].

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan metode F-AHP dan MOORA dalam berbagai permasalahan pengambilan keputusan. Penelitian oleh Hutabarat dan Hutasuhut menunjukkan bahwa kombinasi metode AHP dan MOORA mampu menghasilkan keputusan yang objektif dan

*Corresponding author. E-mail: turmudi_msi@mat.uin-malang.ac.id

konsisten [7]. Penelitian oleh Shabrina dan Sinaga menunjukkan bahwa metode MOORA mampu menghasilkan peringkat alternatif yang jelas dan mudah dipahami [8]. Metode F-AHP juga terbukti efektif dalam mengakomodasi ketidakpastian dalam penentuan bobot kriteria [3].

Meskipun demikian, masih terdapat keterbatasan dalam penelitian sebelumnya, khususnya dalam penggunaan metode AHP yang belum mampu menangani ketidakpastian secara optimal. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan F-AHP dan MOORA melalui pendekatan matriks terbobot masih relatif terbatas [9]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu menggabungkan keunggulan kedua metode tersebut untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat, objektif, dan konsisten. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode F-AHP dan MOORA dengan matriks terbobot dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Data yang digunakan berasal dari *World Health Organization* (WHO) dan *Worldometer* dengan enam kriteria, yaitu jumlah dokter, perawat, bidan, dokter gigi, tenaga farmasi, dan luas daratan, serta melibatkan 20 negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah sebagai alternatif.

Dalam penelitian ini, kriteria jumlah dokter, perawat, bidan, dokter gigi, dan tenaga farmasi dikategorikan sebagai kriteria *cost*, sedangkan luas daratan dikategorikan sebagai kriteria *benefit*. Klasifikasi tersebut digunakan untuk menyesuaikan arah optimasi setiap kriteria dalam perhitungan MOORA. Dengan demikian, nilai preferensi yang lebih tinggi menunjukkan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan yang lebih tinggi. Kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini terletak pada integrasi metode F-AHP dan MOORA melalui pendekatan matriks terbobot dalam penentuan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Pendekatan ini menggabungkan pembobotan *fuzzy* dan pemeringkatan objektif sehingga menghasilkan keputusan yang lebih sistematis dan akurat.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode pengambilan keputusan multikriteria. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari WHO¹ dan Worldometer², berupa informasi tenaga kesehatan pada 20 negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Kriteria yang digunakan terdiri dari enam variabel, yaitu jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), jumlah tenaga farmasi (K_5), dan luas daratan (K_6). Kriteria jumlah dokter, perawat, bidan, dokter gigi, dan tenaga farmasi dikategorikan sebagai kriteria *cost*, sedangkan luas daratan dikategorikan sebagai kriteria *benefit*. Metode yang digunakan adalah F-AHP dan MOORA. F-AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria dengan mempertimbangkan ketidakpastian melalui pendekatan *fuzzy* sesuai tahapan yang mengacu pada penelitian sebelumnya [10], sedangkan MOORA digunakan untuk memeringkat alternatif berdasarkan nilai preferensi sesuai tahapan yang mengacu pada penelitian terkait [7]. Tahapan kombinasi metode F-AHP dan MOORA melalui matriks terbobot dijelaskan

sebagai berikut.

2.1. Menyusun Hierarki Masalah dan Prioritas Kriteria

Tahap awal dalam penelitian ini adalah menyusun hierarki masalah sebagai dasar dalam proses pengambilan keputusan. Hierarki disusun berdasarkan tujuan penelitian dan kriteria yang diperoleh dari studi literatur [11]. Penelitian ini menggunakan enam kriteria. Hierarki digunakan untuk menggambarkan hubungan antara tujuan dan kriteria, serta menjadi dasar dalam penyusunan matriks perbandingan berpasangan pada metode F-AHP. Selain itu, tahap ini juga menentukan prioritas awal kriteria secara subjektif, yang mencerminkan tingkat kepentingan relatif masing-masing kriteria dalam menentukan kebutuhan tenaga kesehatan.

2.2. Matriks Perbandingan Berpasangan *Crisp*

Matriks perbandingan berpasangan A disusun untuk menentukan tingkat kepentingan relatif antarkriteria menggunakan skala Saaty (1–9). Setiap elemen matriks a_{ij} menyatakan tingkat kepentingan kriteria ke- i terhadap kriteria ke- j . Bentuk umum matriks perbandingan berpasangan tersebut ditunjukkan pada Persamaan (1). Matriks A bersifat resiprokal, yaitu $a_{ij} = 1/a_{ji}$ untuk $i \neq j$, dan elemen diagonalnya memenuhi $a_{ii} = 1$.

$$A = [a_{ij}] \quad (1)$$

2.3. Consistency Index (CI)

Setelah matriks perbandingan berpasangan disusun, dilakukan uji konsistensi untuk memastikan bahwa penilaian antarkriteria bersifat logis dan tidak bertentangan. Pengujian konsistensi dalam metode AHP sangat penting untuk memastikan bahwa penilaian antarkriteria tidak bersifat acak dan tetap berada dalam batas rasional, sehingga hasil pembobotan dapat dipercaya [12]. Nilai eigen maksimum ($\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i}$) dihitung berdasarkan hasil perkalian matriks perbandingan berpasangan dengan vektor bobot prioritas. Nilai λ_{\max} kemudian digunakan untuk menghitung CI sebagai ukuran tingkat konsistensi dalam pengambilan keputusan sebagaimana dirumuskan pada Persamaan (2).

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

2.4. Consistency Ratio (CR)

Consistency Ratio (CR) digunakan untuk mengukur tingkat konsistensi matriks perbandingan berpasangan. Nilai CR dihitung berdasarkan perbandingan antara CI dan Random Index (RI) seperti pada Persamaan (3). Matriks dikatakan konsisten apabila nilai $CR \leq 0,1$, sedangkan jika $CR > 0,1$ maka penilaian dianggap tidak konsisten dan perlu dilakukan perbaikan.

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

¹<https://apps.who.int/nhwportal/>

²<https://www.worldometers.info/id/geografi/negara-terbesar-di-dunia/>

2.5. Fuzzifikasi Matriks Perbandingan

Setelah matriks perbandingan berpasangan dalam bentuk *crisp* dinyatakan konsisten, dilakukan proses fuzzifikasi untuk mengakomodasi ketidakpastian dan subjektivitas dalam penilaian. Proses ini dilakukan dengan mengubah nilai skala Saaty (1–9) ke dalam bentuk TFN. Bentuk umum matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* disajikan pada Persamaan (4), sedangkan komponen setiap bilangan TFN ditunjukkan pada Persamaan (5).

$$\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}] \quad (4)$$

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (5)$$

2.6. Nilai Fuzzy Synthetic Extent

Perhitungan *fuzzy synthetic extent* bertujuan untuk menentukan tingkat kepentingan setiap kriteria dalam bentuk bilangan *fuzzy*. Nilai ini diperoleh dengan menjumlahkan nilai *fuzzy* pada setiap baris matriks perbandingan berpasangan, kemudian dikalikan dengan invers dari jumlah total seluruh bilangan *fuzzy*, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (6). Jumlah nilai *fuzzy* setiap baris dihitung menggunakan Persamaan (7), sedangkan invers jumlah total bilangan *fuzzy* dihitung menggunakan Persamaan (8).

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1} \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_{ij}; \sum_{j=1}^m m_{ij}; \sum_{j=1}^m u_{ij} \right) \quad (7)$$

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_{ij}} \\ \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_{ij}} \\ \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij}} \end{pmatrix}^T \quad (8)$$

2.7. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dilakukan untuk mengubah bobot *fuzzy* dalam bentuk TFN menjadi bobot tunggal (*crisp*) agar dapat digunakan dalam perhitungan lanjutan secara kuantitatif dan lebih mudah diinterpretasikan [13]. Proses ini dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dari komponen batas bawah, tengah, dan atas pada setiap bobot *fuzzy*, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (9).

$$C_i = \frac{l_i + m_i + u_i}{3} \quad (9)$$

2.8. Normalisasi Akhir Bobot Crisp

Bobot *crisp* (C_i) yang diperoleh dari proses defuzzifikasi kemudian dinormalisasi untuk menghasilkan bobot akhir (W_i). Normalisasi dilakukan dengan membagi setiap bobot terhadap jumlah total seluruh bobot sesuai Persamaan (10), sehingga diperoleh bobot yang proporsional dan dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Bobot akhir yang

dihasilkan dari metode F-AHP selanjutnya diintegrasikan ke dalam metode MOORA. Bobot ini digunakan sebagai faktor penimbang dalam mengevaluasi kinerja setiap alternatif berdasarkan nilai kriteria, sehingga menghasilkan nilai preferensi dan peringkat alternatif secara objektif.

$$W_i = \frac{C_i}{\sum_{k=1}^n C_k} \quad (10)$$

2.9. Matriks Keputusan MOORA

Setelah diperoleh bobot kriteria, langkah selanjutnya adalah menyusun matriks keputusan yang merepresentasikan nilai kinerja setiap alternatif terhadap masing-masing kriteria. Matriks keputusan dinyatakan sebagai $X = [x_{ij}]$, di mana setiap elemen x_{ij} menunjukkan nilai kinerja alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j . Dalam penelitian ini, matriks keputusan terdiri dari m alternatif dan n kriteria, sehingga membentuk matriks berukuran $m \times n$.

2.10. Normalisasi Matriks Keputusan MOORA

Normalisasi matriks keputusan dilakukan untuk menyeragamkan skala antarkriteria sehingga dapat dibandingkan secara proporsional. Setiap elemen x_{ij} dinormalisasi menjadi z_{ij} dengan membagi nilai tersebut terhadap akar jumlah kuadrat pada kolom yang sama, seperti dirumuskan pada Persamaan (11).

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (11)$$

2.11. Matriks Terbobot

Setelah proses normalisasi, setiap nilai z_{ij} dikalikan dengan bobot kriteria W_j untuk memperoleh matriks terbobot $Y = [y_{ij}]$ sebagaimana dirumuskan pada Persamaan (12). Matriks ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan nilai preferensi pada metode MOORA.

$$y_{ij} = W_j \times z_{ij} \quad (12)$$

2.12. Nilai Preferensi

Nilai preferensi (P_i) dihitung untuk menentukan prioritas setiap alternatif berdasarkan kinerja terhadap seluruh kriteria. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan jenis kriteria, yaitu *benefit* dan *cost*. Kriteria *benefit* menunjukkan bahwa semakin besar nilai suatu alternatif maka semakin baik, sedangkan kriteria *cost* menunjukkan bahwa semakin kecil nilainya maka semakin baik. Nilai preferensi digunakan sebagai dasar dalam menentukan peringkat alternatif, di mana alternatif dengan nilai P_i tertinggi menjadi prioritas utama. Secara umum, apabila seluruh kriteria bertipe *benefit*, nilai preferensi dihitung menggunakan Persamaan (13). Apabila terdapat kriteria *benefit* dan *cost*, nilai preferensi dihitung menggunakan Persamaan (14).

a) Semua kriteria *benefit*

$$P_i = \sum_{j=1}^n y_{ij} \quad (13)$$

b) Terdapat kriteria *benefit* dan *cost*

$$P_i = \sum_{j \in B} y_{ij} - \sum_{j \in C} y_{ij} \quad (14)$$

2.13. Pemeringkatan Alternatif

Tahap akhir dalam metode MOORA adalah menentukan peringkat alternatif berdasarkan nilai preferensi (P_i) yang telah diperoleh. Proses pemeringkatan dilakukan dengan mengurutkan nilai P_i dari yang tertinggi hingga terendah. Alternatif dengan nilai P_i tertinggi ditetapkan sebagai prioritas utama, sedangkan alternatif dengan nilai P_i terendah berada pada prioritas terakhir.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil penerapan F-AHP dan MOORA secara berurutan, mulai dari penentuan variabel penelitian, pembobotan kriteria, pembentukan matriks terbobot, hingga pemeringkatan alternatif. Uraian disusun bertahap agar hubungan antara hasil pembobotan F-AHP dan nilai preferensi MOORA dapat terlihat jelas sebelum dilakukan interpretasi akhir.

3.1. Menentukan Variabel Penelitian

Tahap awal penelitian ini adalah menentukan variabel yang digunakan sebagai dasar analisis kebutuhan tenaga kesehatan. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari publikasi resmi WHO melalui *National Health Workforce Accounts Data Portal*. Dari dataset yang tersedia, dipilih 20 negara sebagai alternatif berdasarkan kelengkapan dan konsistensi data pada seluruh kriteria. Variabel penelitian terdiri atas kriteria dan alternatif. Kriteria digunakan untuk menilai prioritas kebutuhan tenaga kesehatan, sedangkan alternatif merupakan negara yang dievaluasi. Penelitian ini menggunakan enam kriteria. Keenam kriteria tersebut dipilih karena mampu merepresentasikan kondisi ketersediaan tenaga kesehatan secara kuantitatif, sehingga memungkinkan perbandingan yang objektif. Adapun kriteria yang digunakan disajikan pada Tabel 2. Alternatif dalam penelitian ini berupa negara-negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah yang dijadikan sebagai objek keputusan. Jumlah alternatif yang digunakan sebanyak 20 negara. Daftar alternatif disajikan pada Tabel 1.

3.2. Menentukan Bobot Kriteria dengan Metode F-AHP

Pada tahap ini digunakan metode F-AHP untuk menentukan bobot prioritas setiap kriteria. Bobot tersebut selanjutnya digunakan dalam metode MOORA agar setiap kriteria memiliki tingkat pengaruh yang sesuai dalam penentuan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan.

3.2.1. Penyusunan Hierarki Masalah

Tahap awal dalam metode F-AHP adalah menyusun hierarki masalah untuk mempermudah analisis kebutuhan tenaga kesehatan. Hierarki terdiri dari tiga tingkat, yaitu tujuan, kriteria, dan alternatif. Pada tingkat pertama ditetapkan tujuan

Tabel 1: Data alternatif

Kode	Alternatif
A ₁	Andorra
A ₂	Belarus
A ₃	Bulgaria
A ₄	Estonia
A ₅	Finland
A ₆	Germany
A ₇	Ireland
A ₈	Italy
A ₉	Kazakhstan
A ₁₀	Latvia
A ₁₁	Lithuania
A ₁₂	Montenegro
A ₁₃	Netherlands
A ₁₄	Portugal
A ₁₅	San Marino
A ₁₆	Slovenia
A ₁₇	Turkiye
A ₁₈	Uzbekistan
A ₁₉	Spain
A ₂₀	Turkmenistan

Tabel 2: Kriteria penilaian kebutuhan tenaga kesehatan

Kode Kriteria	Kriteria
K ₁	Jumlah Dokter
K ₂	Jumlah Perawat
K ₃	Jumlah Bidan
K ₄	Jumlah Dokter Gigi
K ₅	Jumlah Tenaga Farmasi
K ₆	Luas Daratan

penelitian, yaitu menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan pada negara-negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Tingkat kedua terdiri dari enam kriteria, yaitu jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), jumlah tenaga farmasi (K_5), dan luas daratan (K_6). Tingkat ketiga merupakan alternatif keputusan berupa 20 negara yang dianalisis. Berdasarkan kajian literatur dan tingkat keterlibatan dalam pelayanan klinis, diperoleh urutan prioritas kriteria, yaitu $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$. Urutan ini digunakan sebagai dasar dalam penyusunan matriks perbandingan berpasangan.

3.2.2. Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan Crisp

Pada tahap ini dilakukan penyusunan matriks perbandingan berpasangan untuk menentukan tingkat kepentingan relatif antarkriteria dalam penilaian kebutuhan tenaga kesehatan. Proses ini merupakan bagian utama dalam metode AHP yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan bobot pada F-AHP. Penilaian dilakukan dengan membandingkan setiap kriteria secara berpasangan menggunakan skala fundamental 1–9 yang dikembangkan oleh Saaty. Skala ini mengubah penilaian kualitatif menjadi nilai kuantitatif, di mana nilai 1 menunjukkan tingkat kepentingan yang sama, sedangkan nilai 9 menunjukkan tingkat kepentingan yang sangat dominan.

Namun, dalam penelitian ini digunakan pembatasan skala linguistik yang hanya mencakup tiga tingkat, yaitu sama penting, sedikit lebih penting, dan lebih penting. Pembatasan ini bertujuan untuk menyederhanakan proses penilaian,

mengurangi potensi inkonsistensi akibat banyaknya pilihan skala, serta menjaga kestabilan distribusi bobot dalam metode F-AHP [14]. Dengan demikian, skala 1–9 tetap digunakan sebagai dasar teoritis, tetapi hanya sebagian yang diimplementasikan dalam bentuk linguistik. Pemetaan skala linguistik ke dalam TFN disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3: Pemetaan skala linguistik

Skala Linguistik	TFN (l, m, u)
Sama penting	(1,1,1)
Sedikit lebih penting	(1,2,3)
Lebih penting	(4,5,6)

Nilai yang digunakan dalam matriks *crisp* merupakan nilai tengah (m) dari TFN, karena dianggap paling merepresentasikan tingkat kepentingan yang diberikan. Berdasarkan proses perbandingan berpasangan antarkriteria $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$, diperoleh matriks perbandingan berpasangan pada Persamaan (15).

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 & 5 & 5 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 5 & 5 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Matriks tersebut memiliki elemen diagonal bernilai satu ($a_{ii} = 1$) dan bersifat resiprokal ($a_{ij} = 1/a_{ji}$), sehingga memenuhi karakteristik dasar matriks AHP.

3.2.3. Menghitung Consistency Index (CI)

Tahap ini bertujuan menguji konsistensi matriks perbandingan berpasangan agar penilaian antarkriteria bersifat logis dan tidak bertentangan. Jumlah setiap kolom pada matriks perbandingan berpasangan *crisp* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4: Jumlah Tiap Kolom (s_j)

Kolom	Hasil
s_1	2,6
s_2	4,4
s_3	9,5
s_4	14
s_5	15,5
s_6	11

Selanjutnya dilakukan normalisasi matriks dengan membagi setiap elemen pada kolom dengan jumlah kolomnya. Hasil normalisasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5: Perhitungan Vektor Normalisasi (b_i)

Kriteria	Hasil
b_1	(0,3846; 0,4545; 0,5263; 0,3571; 0,3226; 0,1818)
b_2	(0,1923; 0,2273; 0,2105; 0,3571; 0,3226; 0,1818)
b_3	(0,0769; 0,1136; 0,1053; 0,1429; 0,1290; 0,1818)
b_4	(0,0769; 0,0455; 0,0526; 0,0714; 0,1290; 0,1818)
b_5	(0,0769; 0,0455; 0,0526; 0,0357; 0,0645; 0,1818)
b_6	(0,1923; 0,1136; 0,0526; 0,0357; 0,0323; 0,0909)

Kemudian dihitung rata-rata setiap baris untuk memperoleh vektor bobot awal sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6: Perhitungan Bobot Prioritas (W^*)

Kriteria	Hasil
W_1^*	0,3712
W_2^*	0,2486
W_3^*	0,1249
W_4^*	0,0929
W_5^*	0,0762
W_6^*	0,0862

Kemudian dihitung rasio setiap elemen, dan hasilnya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7: Hasil Perhitungan Rasio $\frac{AW_i^*}{W_i^*}$

Kriteria	Hasil
$\frac{AW_1^*}{W_1^*}$	6,7640
$\frac{AW_2^*}{W_2^*}$	6,8459
$\frac{AW_3^*}{W_3^*}$	6,6773
$\frac{AW_4^*}{W_4^*}$	6,5027
$\frac{AW_5^*}{W_5^*}$	6,3189
$\frac{AW_6^*}{W_6^*}$	6,3005

Selanjutnya nilai *CI* dihitung menggunakan Persamaan (2), dengan hasil numeriknya ditunjukkan pada Persamaan (16).

$$CI = \frac{6,5682 - 6}{5} = 0,1136 \quad (16)$$

3.2.4. Menghitung Consistency Ratio (CR)

Setelah diperoleh nilai *CI*, langkah selanjutnya adalah menghitung *CR* untuk mengukur tingkat konsistensi matriks perbandingan berpasangan. Matriks dikatakan konsisten jika $CR \leq 0,1$, dan tidak konsisten jika $CR > 0,1$. Nilai *CR* diperoleh dari perbandingan antara *CI* dan *RI*. Untuk matriks berordo 6×6 , nilai *RI* = 1,24 sebagaimana disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8: Nilai *Random Index (RI)*

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai $CR = 0,0916$. Karena $CR \leq 0,1$, maka matriks perbandingan berpasangan dinyatakan konsisten dan dapat digunakan pada tahap perhitungan selanjutnya.

3.2.5. Fuzzifikasi Matriks Perbandingan Berpasangan

Setelah matriks perbandingan berpasangan dalam bentuk *crisp* dinyatakan konsisten melalui uji *CI* dan *CR*, tahap selanjutnya adalah fuzzifikasi. Proses ini bertujuan untuk mengakomodasi ketidakpastian dan subjektivitas penilaian dengan mengubah nilai tunggal menjadi bilangan *fuzzy*. Dalam F-AHP, setiap elemen matriks dinyatakan sebagai TFN $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ dengan $l_{ij} \leq m_{ij} \leq u_{ij}$, di mana l_{ij} adalah batas bawah, m_{ij} nilai tengah, dan u_{ij} batas atas. Konversi dilakukan berdasarkan skala AHP ke TFN sesuai pemetaan pada Tabel 3. Pada matriks *fuzzy*, elemen diagonal bernilai $\tilde{a}_{ij} = (1, 1, 1)$ yang menunjukkan tingkat kepentingan yang sama terhadap dirinya sendiri dan merupakan TFN degeneratif. Selain itu, matriks juga memenuhi sifat resiprokal

$\tilde{a}_{ij} = \frac{1}{\tilde{a}_{ji}}$. Berdasarkan proses tersebut, diperoleh matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* pada Persamaan (17).

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & (1, 2, 3) & (4, 5, 6) & (4, 5, 6) & (4, 5, 6) & (1, 2, 3) \\ (\frac{1}{3}, \frac{1}{5}, 1) & (1, 1, 1) & (1, 2, 3) & (4, 5, 6) & (4, 5, 6) & (1, 2, 3) \\ (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) & (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (1, 1, 1) & (1, 2, 3) & (1, 2, 3) & (1, 2, 3) \\ (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) & (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) & (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (1, 1, 1) & (1, 2, 3) & (1, 2, 3) \\ (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) & (\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}) & (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (1, 1, 1) & (1, 2, 3) \\ (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1) & (1, 1, 1) \end{bmatrix} \quad (17)$$

3.2.6. Menghitung Nilai Fuzzy Synthetic Extent untuk Tiap Kriteria

Setelah matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) untuk setiap kriteria. Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan setiap elemen TFN pada tiap baris untuk memperoleh (l_i, m_i, u_i) , kemudian mengalikannya dengan invers dari total seluruh nilai *fuzzy*.

Jumlah nilai *fuzzy* setiap baris ditentukan terlebih dahulu dan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9: Hasil Jumlah Nilai Fuzzy Setiap Baris

Kriteria	Hasil Jumlah Nilai Fuzzy
K_1	(15; 20; 25)
K_2	(11,3333; 15,5; 20)
K_3	(4,5; 7,7; 11,25)
K_4	(3,6666; 5,9; 8,5)
K_5	(3; 4,4; 6,5)
K_6	(2,6666; 3,5; 6)
Total	(40,1666; 57; 77,25)

Hasil perhitungan nilai *fuzzy synthetic extent* untuk setiap kriteria ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10: Nilai Fuzzy Synthetic Extent (S_i)

Kriteria	Nilai S_i
S_1	(0,1941; 0,3508; 0,6224)
S_2	(0,1467; 0,2719; 0,4979)
S_3	(0,0582; 0,1350; 0,2800)
S_4	(0,0474; 0,1035; 0,2116)
S_5	(0,0388; 0,0771; 0,1618)
S_6	(0,0345; 0,0614; 0,1493)

3.2.7. Defuzzifikasi

Langkah selanjutnya adalah melakukan defuzzifikasi untuk mengubah bilangan *fuzzy* TFN (l_i, m_i, u_i) menjadi nilai tunggal (*crisp*). Metode yang digunakan adalah *centroid*, yaitu dengan mengambil rata-rata dari ketiga komponen TFN menggunakan Persamaan (9). Hasil defuzzifikasi disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11: Bobot Crisp Hasil Defuzzifikasi

Kriteria	Nilai Defuzzifikasi (C_i)
C_1	0,3891
C_2	0,3055
C_3	0,1577
C_4	0,1208
C_5	0,0926
C_6	0,0817

3.2.8. Menentukan Normalisasi Akhir Bobot

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi untuk mendapatkan bobot akhir setiap kriteria dengan membagi masing-masing nilai *crisp* terhadap total keseluruhan nilai *crisp* menggunakan Persamaan (10). Hasil normalisasi bobot disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12: Normalisasi Akhir Bobot Crisp

Kriteria	Nilai Bobot Akhir (W_i)
W_1	0,3391
W_2	0,2662
W_3	0,1375
W_4	0,1053
W_5	0,0807
W_6	0,0712

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh bobot prioritas setiap kriteria. Hasil uji konsistensi menunjukkan bahwa matriks memenuhi syarat karena $CR \leq 0,1$, sehingga penilaian antarkriteria dinyatakan konsisten dan dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Bobot akhir yang telah dinormalisasi mencerminkan tingkat kepentingan relatif masing-masing kriteria, di mana nilai terbesar menunjukkan pengaruh paling dominan. Urutan prioritas kriteria yang diperoleh adalah jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), jumlah tenaga farmasi (K_5), dan luas daratan (K_6). Bobot ini selanjutnya digunakan dalam metode MOORA dengan mengalikan nilai normalisasi matriks keputusan untuk membentuk matriks terbobot, yang kemudian menghasilkan nilai preferensi sebagai dasar penentuan peringkat alternatif.

3.3. Menentukan Nilai Preferensi dan Peringkat dengan MOORA

Pada tahap ini, metode MOORA digunakan untuk mengevaluasi alternatif berdasarkan bobot kriteria yang telah diperoleh dari metode F-AHP. Proses ini meliputi penyusunan matriks keputusan, normalisasi, pembentukan matriks terbobot, dan perhitungan nilai preferensi.

3.3.1. Menyusun Matriks Keputusan

Pada tahap ini disusun matriks keputusan sebagai dasar evaluasi alternatif dalam metode MOORA. Matriks ini memuat nilai 20 alternatif, yaitu negara-negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah, terhadap enam kriteria berdasarkan data tahun 2023 dari WHO dan *Worldometer*. Setiap elemen dinyatakan sebagai x_{ij} , yang menunjukkan nilai alternatif ke- i pada kriteria ke- j ; bentuk matriks keputusan disajikan pada Persamaan (18). Karena perbedaan skala antarkriteria, matriks ini selanjutnya dinormalisasi agar dapat dibandingkan secara proporsional.

$$X = \begin{bmatrix} 408 & 365 & 17 & 98 & 79 & 470 \\ 43.111 & 94.098 & 4.488 & 5.550 & 4.100 & 202.910 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 156 & 303 & 15 & 25 & 37 & 60 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 14.244 & 24.519 & 1.167 & 910 & 1.026 & 469.930 \end{bmatrix} \quad (18)$$

3.3.2. Normalisasi Matriks Keputusan

Langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi agar seluruh kriteria berada pada skala yang sama. Nilai penyebut normalisasi untuk setiap kriteria ditentukan terlebih dahulu dan disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13: Hasil Penyebut Normalisasi Tiap Kriteria

Kriteria	$\sqrt{\sum x_{ij}^2}$
K_1	571.214,8671
K_2	1.249.191,3511
K_3	73.604,5162
K_4	104.854,5736
K_5	124.390,5184
K_6	2.984.808,6448

Setelah dilakukan proses normalisasi menggunakan Persamaan (11), diperoleh matriks normalisasi keputusan $Z = [z_{ij}]$ pada Persamaan (19).

$$z_{ij} = \begin{bmatrix} 0,0007 & 0,0003 & 0,0002 & 0,0009 & 0,0006 & 0,0002 \\ 0,0755 & 0,0753 & 0,0610 & 0,0529 & 0,0330 & 0,0680 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,0003 & 0,0002 & 0,0002 & 0,0002 & 0,0003 & 0,0000 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,0249 & 0,0196 & 0,0159 & 0,0087 & 0,0082 & 0,1574 \end{bmatrix} \quad (19)$$

3.3.3. Membentuk Matriks Terbobot

Langkah selanjutnya adalah membentuk matriks terbobot dengan mengalikan setiap elemen dengan bobot akhir kriteria hasil F-AHP. Proses ini bertujuan untuk mencerminkan tingkat kepentingan masing-masing kriteria, sehingga kriteria dengan bobot lebih besar memberikan pengaruh yang lebih dominan terhadap hasil akhir. Matriks terbobot ini selanjutnya digunakan dalam perhitungan nilai optimasi metode MOORA. Berdasarkan Persamaan (12), diperoleh matriks terbobot yang disajikan pada Persamaan (20).

$$y_{ij} = \begin{bmatrix} 0,0002 & 0,0001 & 0,0000 & 0,0001 & 0,0001 & 0,0000 \\ 0,0256 & 0,0201 & 0,0084 & 0,0056 & 0,0027 & 0,0048 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,0001 & 0,0001 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,0085 & 0,0052 & 0,0022 & 0,0009 & 0,0007 & 0,0112 \end{bmatrix} \quad (20)$$

3.3.4. Menghitung Nilai Preferensi

Setelah diperoleh matriks terbobot, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai preferensi setiap alternatif sebagai dasar penentuan prioritas. Dalam metode MOORA, nilai preferensi dipengaruhi oleh jenis kriteria *benefit* dan *cost*. Kriteria *benefit* menunjukkan bahwa nilai yang lebih besar lebih baik, sedangkan kriteria *cost* menunjukkan bahwa nilai yang lebih kecil lebih baik [15]. Berdasarkan tujuan penelitian, jenis kriteria yang digunakan disajikan pada Tabel 14. Nilai preferensi kemudian dihitung menggunakan Persamaan (14).

Dengan demikian, diperoleh vektor nilai preferensi pada Persamaan (21).

$$P = \begin{bmatrix} -0,0005 \\ -0,0574 \\ -0,0386 \\ -0,0068 \\ -0,0296 \\ \vdots \\ -0,2704 \\ -0,0062 \end{bmatrix} \quad (21)$$

Tabel 14: Penentuan Jenis Kriteria

Kode Kriteria	Nama Kriteria	Jenis Kriteria
K_1	Jumlah Dokter	<i>Cost</i>
K_2	Jumlah Perawat	<i>Cost</i>
K_3	Jumlah Bidan	<i>Cost</i>
K_4	Jumlah Dokter Gigi	<i>Cost</i>
K_5	Jumlah Tenaga Farmasi	<i>Cost</i>
K_6	Luas Daratan	<i>Benefit</i>

3.3.5. Pemeringkatan

Pada tahap akhir dilakukan proses pemeringkatan untuk menentukan prioritas negara berdasarkan nilai preferensi (P_i). Nilai ini merupakan hasil agregasi dari seluruh kriteria yang telah dinormalisasi dan dibobot menggunakan metode F-AHP, sehingga mencerminkan tingkat kebutuhan tenaga kesehatan secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, kriteria terdiri atas *cost* dan *benefit*. Urutan prioritas ditentukan berdasarkan nilai preferensi, yaitu semakin tinggi nilai preferensi maka semakin tinggi prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Oleh karena itu, pemeringkatan dilakukan dengan mengurutkan nilai preferensi dari yang paling tinggi hingga terendah. Hasil pemeringkatan disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15: Hasil Pemeringkatan Alternatif Berdasarkan Nilai Preferensi

Alternatif (A)	Nilai Preferensi (P_i)	Peringkat
A_{15}	-0,0002	1
A_1	-0,0005	2
A_{12}	-0,0021	3
\vdots	\vdots	\vdots
A_6	-0,3397	18
A_8	-0,4018	19
A_{17}	-0,5707	20

Berdasarkan hasil perhitungan metode MOORA dengan matriks terbobot, diperoleh nilai preferensi yang mencerminkan tingkat prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di setiap negara. Alternatif dengan nilai preferensi paling tinggi menjadi prioritas utama. Hasil menunjukkan bahwa San Marino menempati peringkat pertama dengan nilai (-0,0002), diikuti Andorra (-0,0005), dan Montenegro (-0,0021), yang menunjukkan tingkat prioritas kebutuhan yang lebih tinggi dibandingkan negara lainnya. Sebaliknya, Germany (-0,3397), Italy (-0,4018), dan Turkiye (-0,5707) berada pada peringkat terbawah dengan tingkat kebutuhan relatif lebih rendah. Namun, hasil ini perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena data yang digunakan masih berupa jumlah absolut tenaga kesehatan tanpa mempertimbangkan faktor proporsional seperti jumlah penduduk. Oleh karena itu, hasil lebih mencerminkan perbandingan relatif antar negara. Meskipun demikian, metode MOORA mampu menghasilkan urutan prioritas secara sistematis, objektif, dan terukur sebagai dasar pengambilan keputusan.

3.4. Integrasi Hasil Metode F-AHP dan MOORA

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode F-AHP dan MOORA melalui matriks terbobot, diperoleh bobot prioritas kriteria yang menunjukkan bahwa jumlah dokter (K_1) memiliki tingkat kepentingan tertinggi, diikuti oleh tenaga

perawat (K_2), bidan (K_3), dokter gigi (K_4), tenaga farmasi (K_5), dan luas daratan (K_6). Bobot tersebut merepresentasikan tingkat kontribusi masing-masing kriteria dalam memengaruhi hasil akhir penentuan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Integrasi kedua metode dilakukan pada tahap pembentukan matriks terbobot, di mana nilai normalisasi setiap alternatif dikalikan dengan bobot kriteria hasil F-AHP. Proses ini menghasilkan nilai yang mencerminkan kepentingan relatif setiap kriteria. Selanjutnya, metode MOORA digunakan untuk menghitung nilai preferensi sebagai dasar penentuan peringkat alternatif. Dalam penelitian ini, kriteria dikategorikan sebagai *cost* dan *benefit*. Dengan demikian, nilai preferensi yang paling tinggi menunjukkan tingkat kebutuhan tenaga kesehatan yang lebih tinggi.

Hasil pemeringkatan pada Tabel 15 menunjukkan bahwa San Marino ($-0,0002$), Andorra ($-0,0005$), dan Montenegro ($-0,0021$) menempati posisi prioritas tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga negara tersebut memiliki akumulasi nilai kriteria yang lebih besar, terutama pada kriteria dengan bobot tinggi, sehingga memberikan kontribusi signifikan terhadap nilai preferensi. Sebaliknya, Germany ($-0,3397$), Italy ($-0,4018$), dan Turkiye ($-0,5707$) berada pada prioritas terendah karena memiliki nilai preferensi terendah. Namun demikian, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Hal ini disebabkan data yang digunakan berupa jumlah absolut tenaga kesehatan tanpa mempertimbangkan jumlah penduduk atau rasio tenaga kesehatan. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh lebih mencerminkan perbandingan relatif antar negara berdasarkan data yang tersedia, bukan tingkat kebutuhan secara proporsional. Secara keseluruhan, integrasi metode F-AHP dan MOORA mampu menghasilkan penentuan prioritas yang sistematis, objektif, dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, penerapan metode F-AHP dan MOORA melalui matriks terbobot mampu menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan pada beberapa negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah berdasarkan data WHO dan *Worldometer*. Hasil F-AHP menunjukkan bahwa urutan prioritas kriteria dari yang paling tinggi hingga terendah adalah jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), jumlah tenaga farmasi (K_5), dan luas daratan (K_6). Kriteria jumlah dokter menjadi faktor paling dominan dalam penentuan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Selanjutnya, hasil MOORA menunjukkan bahwa alternatif dengan prioritas tertinggi adalah San Marino ($-0,000233$), Andorra ($-0,000490$), dan Montenegro ($-0,002111$). Namun, hasil ini perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena data yang digunakan masih bersifat absolut dan belum mempertimbangkan jumlah penduduk. Secara keseluruhan, integrasi F-AHP dan MOORA dapat menghasilkan penentuan prioritas yang objektif, sistematis, dan terukur sebagai dasar pengambilan keputusan terkait perencanaan tenaga kesehatan.

Pernyataan Kontribusi Penulis (CRediT)

Adellia Fitria Marta Dewi: Konseptualisasi, Metodologi, Kurasi Data, Analisis Formal, Visualisasi, Penulisan–Draf

Awal. **Turmudi:** Supervisi, Validasi, Penulisan–Telaah dan Penyuntingan, Administrasi Proyek. **Ach. Nashichuddin:** Metodologi, Validasi, Analisis Formal, Penulisan–Telaah dan Penyuntingan.

Deklarasi Penggunaan AI atau Teknologi Berbasis AI

Model ChatGPT GPT-5.5 Thinking digunakan untuk membantu penyuntingan bahasa, pemadatan abstrak, perbaikan rujukan silang, dan penyesuaian struktur deklarasi naskah. Seluruh substansi, data, analisis, dan interpretasi akhir dalam naskah ini diverifikasi oleh penulis.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Pendanaan dan Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Prodi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang atas dukungan akademik dalam penyusunan naskah ini.

Ketersediaan Data

Dataset tenaga kesehatan yang dianalisis dalam studi ini bersumber dari *World Health Organization* melalui *National Health Workforce Accounts Data Portal*³⁴. Data luas daratan negara diperoleh dari *Worldometer*⁵. Data hasil olahan yang digunakan dalam perhitungan tersedia melalui tautan yang dicantumkan dalam naskah ini.

Daftar Pustaka

- [1] Athia Saelan. “Logika Fuzzy”. In: *Makalah IF2091 Struktur Diskrit Tahun 2009* (2009), pp. 1–5. URL: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2009-2010/Makalah0910/MakalahStrukdis0910-107.pdf>.
- [2] Rizdania Rizdania. “Sistem Pendukung Keputusan (SPK) Pemilihan Jurusan Perguruan Tinggi Menggunakan Algoritma Fuzzy Mamdani”. In: *Jurnal Tecno-scienza* 6.1 (2021), pp. 30–42. DOI: [10.51158/tecnosciencia.v6i1.529](https://doi.org/10.51158/tecnosciencia.v6i1.529).
- [3] Fernando Parulian Saputra, Nurul Hidayat, and M. Tanzil Furqon. “Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP) Untuk Menentukan Besar Pinjaman Pada Koperasi”. In: *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 2.4 (2018), pp. 1761–1767. URL: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/1352>.

³<https://apps.who.int/nhwportal/>

⁴https://docs.google.com/document/d/1gxEYhaVzsT3EvlHDYmr4IY_QjubDP0tP/edit?usp=drive_link&ouid=114220748790267672097&rtopf=true&sd=true

⁵<https://www.worldometers.info/id/geografi/negara-terbesar-di-dunia/>

- [4] Angga Albeni. “Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Untuk Sistem Penyeleksian Bantuan Rumah Layak Huni”. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2019. URL: <https://repository.uin-suska.ac.id/24012/>.
- [5] Novia Reza Yanifa, Deni Arifianto, and Agung Nilogiri. “Implementasi Metode MOORA (Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis) pada Penerimaan Beasiswa di Universitas Muhammadiyah Jember Berbasis Web”. In: *Teknik Informatika* 18.2 (2019), pp. 20–48. URL: <https://repository.unmuhjember.ac.id/640/1/JURNAL.pdf>.
- [6] Novalia Enjelina Situmorang, Yopi Hendro Syahputra, and Astri Syahputri. “Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Supplier Menggunakan Metode MOORA”. In: *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)* 3.4 (2024), pp. 573–582. DOI: [10.53513/jursi.v3i4.7826](https://doi.org/10.53513/jursi.v3i4.7826).
- [7] Muliady Hutabarat, Masyuni Hutasuhut, and Ahmad Calam. “Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Depo Baru Berbasis Kombinasi Metode AHP dengan Metode MOORA”. In: *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)* 4.3 (2025), pp. 608–617. DOI: [10.53513/jursi.v4i3.8612](https://doi.org/10.53513/jursi.v4i3.8612).
- [8] T. Shabrina and B. Sinaga. “Penerapan Metode MOORA pada Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Siswa Penerima Bantuan Miskin”. In: *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis* 12.2a (2021), pp. 161–172. DOI: [10.47927/jikb.v12i2a.214](https://doi.org/10.47927/jikb.v12i2a.214).
- [9] I’tishom Al Khoiry, Rahmat Gernowo, and Bayu Surarso. “Fuzzy-AHP MOORA Approach for Vendor Selection Applications”. In: *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi* 8.1 (2022), pp. 24–37. DOI: [10.26594/register.v8i1.2356](https://doi.org/10.26594/register.v8i1.2356).
- [10] Tjokorda Gde Agung Friska Adnyana, G. K. Gandhiadi, and Desak Putu Eka Nilakusmawati. “Penerapan Metode Fuzzy AHP dalam Penentuan Sektor yang Berpengaruh terhadap Perekonomian Provinsi Bali”. In: *E-Jurnal Matematika* 5.2 (2016), pp. 59–66. DOI: [10.24843/MTK.2016.V05.I02.P122](https://doi.org/10.24843/MTK.2016.V05.I02.P122).
- [11] Rahma Sarsetyaning Utami, Mahmud Imrona, and Bambang Pudjoatmodjo. “Analisis dan Implementasi Metode Fuzzy AHP dan ELECTRE pada Sistem Pengambilan Keputusan (Studi Kasus: Evaluasi Diri Lembaga PAUD PP-PAUDNI Regional II Semarang)”. In: *eProceedings of Engineering* 2.3 (2015). URL: <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/3387336>.
- [12] Falentino Sembiring, Mohamad Tegar Fauzi, Siti Khalifah, Ana Khusnul Khotimah, and Yayatillah Rubiati. “Sistem Pendukung Keputusan Penerima Bantuan Covid 19 Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW) (Studi Kasus: Desa Sundawenang)”. In: *Explore: Jurnal Sistem Informasi dan Telematika* 11.2 (2020), pp. 97–101. DOI: [10.36448/jsit.v11i2.1563](https://doi.org/10.36448/jsit.v11i2.1563).
- [13] Elva Ravita Sari and Evawati Alisah. “Studi Tentang Persamaan Fuzzy”. In: *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi* 2.2 (2012), pp. 55–65. DOI: [10.18860/ca.v2i2.2228](https://doi.org/10.18860/ca.v2i2.2228).
- [14] E. Canhasi-Kasemi and L. Vardari. “Comparison of Two Different Judgment Scales with the AHP: GSM Operator Preference of University Students”. In: *International Journal of the Analytic Hierarchy Process* 14.3 (2022), pp. 1–16. DOI: [10.13033/ijahp.v14i3.970](https://doi.org/10.13033/ijahp.v14i3.970).
- [15] Emilia Tas’au, Tiwuk Widiastuti, and Yulianto T. Polly. “Implementasi Metode Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) dalam Pendukung Keputusan Penentuan Calon Penerima Bantuan Langsung Tunai Dana Desa (BLT) di Desa Oabikase”. In: *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi* 6.2 (2025), pp. 1477–1494. DOI: [10.63447/jimik.v6i2.1448](https://doi.org/10.63447/jimik.v6i2.1448).