

PENERAPAN *FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (F-AHP)* DAN *MULTI OBJECTIVE OPTIMIZATION ON THE BASIS OF RATIO ANALYSIS (MOORA)* DENGAN MATRIKS TERBOBOT DALAM MENENTUKAN PRIORITAS KEBUTUHAN TENAGA KESEHATAN

SKRIPSI

**OLEH
ADELLIA FITRIA MARTA DEWI
NIM. 220601110052**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

PENERAPAN *FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (F-AHP)* DAN *MULTI OBJECTIVE OPTIMIZATION ON THE BASIS OF RATIO ANALYSIS (MOORA)* DENGAN MATRIKS TERBOBOT DALAM MENENTUKAN PRIORITAS KEBUTUHAN TENAGA KESEHATAN

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh
Adellia Fitria Marta Dewi
NIM. 220601110052**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

PENERAPAN FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (F-AHP) DAN MULTI OBJECTIVE OPTIMIZATION ON THE BASIS OF RATIO ANALYSIS (MOORA) DENGAN MATRIKS TERBOBOT DALAM MENENTUKAN PRIORITAS KEBUTUHAN TENAGA KESEHATAN

SKRIPSI

Oleh
Adellia Fitria Marta Dewi
NIM. 220601110052

Telah Disetujui Untuk Diuji

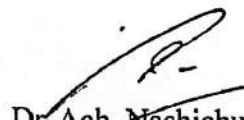
Malang, 29 Januari 2026

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D
NIP. 195710051982031006

Dosen Pembimbing II



Dr. Ach. Nashichuddin, M.A
NIP. 197307052000031002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Fachrudin Rozi, M.Si
NIP. 198005272008011012

PENERAPAN *FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (F-AHP)* DAN *MULTI OBJECTIVE OPTIMIZATION ON THE BASIS OF RATIO ANALYSIS (MOORA)* DENGAN MATRIKS TERBOBOT DALAM MENENTUKAN PRIORITAS KEBUTUHAN TENAGA KESEHATAN

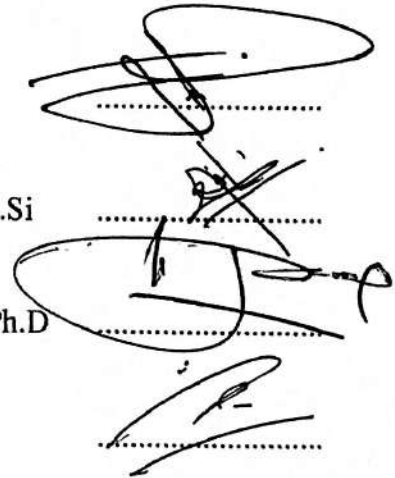
SKRIPSI

Oleh
Adellia Fitria Marta Dewi
NIM. 220601110052

Telah Dipertahankan di Depan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal, 11 Maret 2026

Ketua Penguji : Hisyam Fahmi, M.Kom
Anggota Penguji I : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si
Anggota Penguji II : Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D
Anggota Penguji III : Dr. Ach. Nashichuddin, M.A



Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Fachrur Rozi, M.Si
NIP. 198005272008011012

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adellia Fitria Marta Dewi
NIM : 220601110052
Program Studi : Matematika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Penerapan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP)* dan *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA)* dengan Matriks Terbobot dalam Menentukan Prioritas Kebutuhan Tenaga Kesehatan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 11 Maret 2026

Yang membuat pernyataan,



Adellia Fitria Marta Dewi

NIM. 220601110052

MOTTO

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

B.J. Habibie

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sebelum mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri.”

(Q.S Ar-Rad, 13:12)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji bagi Allah SWT yang senantiasa memberikan pertolongan, kemudahan, serta kekuatan kepada penulis dalam melewati setiap proses hingga terselesaikannya skripsi ini.

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Ngadi dan Ibu Darsimah, yang telah berkorban dengan penuh keikhlasan, memberikan doa yang tiada henti, dukungan, kasih sayang, serta nasihat terbaik demi kesuksesan dan masa depan penulis. Kepada kakak-kakak penulis yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi, serta dukungan dalam setiap langkah perjuangan penulis. Kepada seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa dan dorongan moral kepada penulis. Sahabat-sahabat dan partner penulis yang dengan tulus memberikan bantuan, semangat, serta menemani perjuangan dalam menyelesaikan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Penerapan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP)* dan *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA)* dengan Matriks Terbobot dalam Menentukan Prioritas Kebutuhan Tenaga Kesehatan”. Skripsi ini disusun sebagai bagian dari syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penyusunan skripsi ini tentu tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama proses ini. Ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si, CAHRM., CRMP selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Agus Mulyono, M.Kes, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrur Rozi, M.Si, selaku Ketua Program Studi Matematika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan, dukungan, dan arahan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Semoga ilmu yang Bapak bagikan menjadi amal jariyah dan senantiasa bermanfaat.
5. Dr. Ach. Nashichuddin, M.A, selaku Dosen Pembimbing II atas kesabaran, arahan, bimbingan serta masukan yang berharga dalam proses penyusunan skripsi ini. Semoga segala bimbingan yang diberikan menjadi pahala dan berkah bagi Bapak.
6. Hisyam Fahmi, M.Kom, selaku Dosen Ketua Penguji dalam ujian skripsi. Terima kasih telah meluangkan waktu dan pikirannya serta memberikan saran hingga terselesaikan skripsi ini.

7. Mohammad Nafie Jauhari, M.Si, selaku Dosen Penguji I dalam ujian skripsi. Terima kasih telah meluangkan waktu dan pikirannya serta memberikan saran hingga terselesaikan skripsi ini.
8. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
9. Kedua orang tua tercinta Bapak Ngadi dan Ibu Darsimah, yang selalu memberikan do'a, dukungan, moral, serta menjadi sumber inspirasi, motivasi, dan cinta kasih yang selalu menyertai serta memberikan kekuatan penulis untuk menyelesaikan perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
10. Kepada kakak-kakak penulis yang tersayang yang selalu memberikan semangat, dukungan, motivasi, serta do'a yang selalu dipanjatkan untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. *Partner* dan sahabat penulis, Farah, Patri, Afifah, dan Faizah yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, serta waktu yang berharga dalam proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah hadir dalam setiap proses, menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, serta tawa yang menguatkan di tengah perjalanan yang tidak selalu mudah.
12. Seluruh mahasiswa program studi matematika angkatan 2022 "MATHDEUX" atas kebersamaan, dukungan, serta yang senantiasa memberikan semangat kepada penulis selama masa perkuliahan.
13. Dan seluruh pihak yang sudah terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa penulis tuliskan satu per-satu.

Dengan seluruh kerendahan hati, peneliti menyadari terciptanya skripsi ini masih belum bisa dikatakan sempurna. Maka dari itu, peneliti berharap kritik dan saran yang membangun demi terlahirnya penyempurnaan skripsi ini. Semoga karya ini mampu memberikan kebermanfaatan untuk semua orang. Aamiin.

Malang, 11 Maret 2026

Adellia Fitria Marta Dewi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT.....	xviii
مستخلص البحث.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Batasan Masalah	10
BAB II KAJIAN TEORI	11
2.1 Teori <i>Fuzzy</i>	11
2.1.1 Logika <i>Fuzzy</i>	11
2.1.2 Himpunan <i>Fuzzy</i>	13
2.1.3 Bilangan <i>Fuzzy</i>	14
2.1.4 <i>Triangular Fuzzy Number</i> (TFN).....	16
2.2 Sistem Pendukung dalam Pengambilan Keputusan.....	19
2.2.1 Karakteristik Sistem Pendukung Keputusan	19
2.2.2 Konsep Dasar dan Keunggulan Sistem Pendukung Keputusan.....	21
2.2.3 Komponen Sistem Pendukung Keputusan	22
2.2.4 Tahapan Sistem Pendukung Keputusan.....	23
2.2.5 Pendekatan Logika <i>Fuzzy</i> dalam Sistem Pendukung Keputusan.....	25
2.3 Penerapan F-AHP dan MOORA dalam Perangkingan	26
2.3.1 <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	28
2.3.2 <i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process</i> (F-AHP).....	34
2.3.3 <i>Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis</i> (MOORA)	39
2.3.4 Matriks Terbobot.....	41
2.4 Tenaga Kesehatan.....	42
2.4.1 Peran dan Jenis Tenaga Kesehatan	43

2.4.2 Kebutuhan dan Distribusi Tenaga Kesehatan	44
2.4.3 Prioritas Kebutuhan Tenaga Kesehatan	46
2.5 Perhatian Islam terhadap Masalah Kesehatan.....	47
2.6 Kajian Topik dengan Teori Pendukung	51
BAB III METODE PENELITIAN	53
3.1 Jenis Penelitian.....	53
3.2 Data dan Sumber Data	53
3.3 Kombinasi F-AHP dan MOORA	54
3.4 Teknik Analisis Data	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	67
4.1 Menentukan Variabel Penelitian	67
4.2 Menentukan Bobot Kriteria dengan Menggunakan Metode F-AHP	69
4.3 Menentukan Nilai Preferensi dan Peringkat dengan MOORA.....	92
4.4 Integrasi Hasil Metode F-AHP dan MOORA.....	110
4.5 Kajian Integrasi dengan Hasil Penelitian	113
BAB V PENUTUP.....	116
5.1 Kesimpulan	116
5.2 Saran	117
DAFTAR PUSTAKA.....	118
LAMPIRAN.....	123
RIWAYAT HIDUP.....	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Representasi Kurva Segitiga.....	15
Gambar 2.2 Grafik Fuzzifikasi Skala F-AHP.....	35
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kriteria Penilaian Kebutuhan Tenaga Kesehatan	68
Tabel 4.2	Data Alternatif	69
Tabel 4.3	Pemetaan Skala Linguistik	73
Tabel 4.4	Penentuan Nilai Perbandingan Berpasangan	74
Tabel 4.5	Jumlah Tiap Kolom s_j	78
Tabel 4.6	Hasil Vektor Bobot Awal dari Matriks yang Ternormalisasi	80
Tabel 4.7	Hasil Perkalian Matriks <i>Crisp</i> dengan Vektor Bobot	81
Tabel 4.8	Hasil Perbandingan.....	82
Tabel 4.9	Tabel Nilai <i>RI</i>	83
Tabel 4.10	Hasil Jumlah Nilai <i>Fuzzy</i> Setiap Baris.....	86
Tabel 4.11	Nilai <i>Fuzzy Synthetic Extent (Si)</i>	88
Tabel 4.12	Bobot <i>Crisp</i> Hasil Defuzzifikasi.....	89
Tabel 4.13	Normalisasi Akhir Bobot <i>Crisp</i>	90
Tabel 4.14	Hasil Penyebut Normalisasi Tiap Kriteria	95
Tabel 4.15	Penentuan Jenis Kriteria	103
Tabel 4.16	Hasil Perangkingan.....	108

DAFTAR SIMBOL

$\mu_{\bar{A}}(x)$:	Derajat Keanggotaan
x	:	Variabel input atau nilai yang akan diperiksa keanggotaannya dalam himpunan <i>fuzzy</i>
l_i	:	Batas bawah
m_i	:	Nilai tengah
u_i	:	Batas atas
A	:	Himpunan <i>fuzzy</i>
\tilde{a}_{ij}	:	Nilai perbandingan berpasangan <i>fuzzy</i> antara kriteria ke- i dan kriteria ke- j
\tilde{a}_{kj}	:	Jumlah total seluruh nilai <i>fuzzy</i> pada matriks
n	:	Jumlah kriteria
\tilde{w}_i	:	Bobot <i>fuzzy</i> dari kriteria ke- i
S_i	:	<i>Synthetic extent</i> dari kriteria ke- i
S_k	:	Jumlah keseluruhan nilai <i>synthetic extent</i>
λ_{max}	:	Nilai eigen maksimum
W^*	:	Vektor bobot prioritas awal (bobot crisp) yang diperoleh dari perhitungan AHP sebelum fuzzifikasi
AW_i^*	:	Elemen ke- i dari hasil perkalian matriks A dengan vektor bobot W
CI	:	<i>Consistency index</i>
CR	:	<i>Consistency ratio</i>
RI	:	Random index, yaitu nilai acak rata-rata berdasarkan ukuran matriks n
C_i	:	Bobot <i>crisp</i> hasil defuzzifikasi kriteria ke- i
W_i	:	Bobot akhir kriteria ke- i dalam bentuk <i>crisp</i>
C_k	:	Jumlah total nilai <i>crisp</i> dari seluruh kriteria
X	:	Matriks keputusan
x_{ij}	:	Nilai kinerja alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j
m	:	Jumlah alternatif

- z_{ij} : Nilai normalisasi alternatif i pada kriteria j
 y_{ij} : Nilai terbobot alternatif ke- i pada kriteria ke- j
 P_i : Nilai preferensi alternatif ke- i

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Link Data Keseluruhan	123
Lampiran 2 Data Tenaga Kesehatan Tahun 2023	123
Lampiran 3 Data Alternatif.....	124
Lampiran 4 Hasil Normalisasi Keputusan	124
Lampiran 5 Hasil Matriks Terbobot	125
Lampiran 6 Hasil Nilai Preferensi.....	126
Lampiran 7 Hasil Perangkingan	127

ABSTRAK

Dewi, Adellia Fitria Marta 2026. **Penerapan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP)* dan *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA)* dengan Matriks Terbobot dalam Menentukan Prioritas Kebutuhan Tenaga Kesehatan.** Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D. (II) Dr. Ach. Nashichuddin, M.A.

Kata Kunci: Logika *Fuzzy*, *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP)*, *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA)*, pengambilan keputusan, matriks terbobot, tenaga kesehatan.

Penelitian ini menggunakan metode pengambilan keputusan multikriteria, yaitu *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP)* dan *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA)*, untuk menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Metode F-AHP digunakan untuk menentukan bobot setiap kriteria dengan menggunakan matriks perbandingan berpasangan yang didasarkan pada *Triangular Fuzzy Number (TFN)*, sedangkan metode MOORA digunakan untuk menghitung nilai preferensi setiap alternatif dengan matriks yang telah diberi bobot. Variabel penelitian 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) dengan 20 alternatif negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah yang diambil dari data resmi *World Health Organization (WHO)*. Hasil perhitungan metode F-AHP menunjukkan urutan prioritas kriteria dari yang paling penting hingga yang paling rendah adalah $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$. Selanjutnya, bobot kriteria tersebut digunakan dalam metode MOORA untuk menentukan peringkat dari setiap alternatif. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tiga negara yang memiliki kebutuhan tenaga kesehatan paling tinggi adalah San Marino dengan nilai preferensi sebesar $-0,000233$, diikuti oleh Andorra sebesar $-0,000490$ dan Montenegro sebesar $-0,002111$. Nilai preferensi yang paling tinggi menunjukkan tingkat kebutuhan tenaga kesehatan yang lebih tinggi karena seluruh kriteria dalam penelitian ini dikategorikan sebagai *cost* dan *benefit*. Namun demikian, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan secara tepat karena menggunakan data jumlah tenaga kesehatan dalam bentuk absolut tanpa mempertimbangkan jumlah penduduk maupun rasio tenaga kesehatan terhadap populasi. Oleh karena itu, hasil penelitian lebih merepresentasikan kebutuhan dalam skala total, bukan tingkat kecukupan secara proporsional. Integrasi metode F-AHP dan MOORA menghasilkan proses pengambilan keputusan yang sistematis, objektif, dan konsisten dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan.

ABSTRACT

Dewi, Adellia Fitria Marta 2026. **Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) and Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) with Weighted Matrix in Determining the Priority of Health Workforce Needs.** Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D. (II) Dr. Ach. Nashichuddin, M.A.

Keywords: Fuzzy Logic, Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP), Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA), decision making, weighted matrix, health workers.

This study uses multicriteria decision-making methods, namely Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) and Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA), to determine the priority of health workers' needs. The F-AHP method is used to determine the weight of each criterion by using a paired comparison matrix based on the Triangular Fuzzy Number (TFN), while the MOORA method is used to calculate the preference value of each alternative with a weighted matrix. The research variables consisted of five criteria, namely the number of doctors (K_1), the number of nurses (K_2), the number of midwives (K_3), the number of dentists (K_4), the number of pharmacists (K_5), and land area (K_6) with 20 alternative countries in the Europe and Central Asia taken from official World Health Organization (WHO) data. The results of the calculation of the F-AHP method show that the priority order of the criteria from the most important to the lowest is $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$. Furthermore, the weight of those criteria is used in the MOORA method to rank each alternative. The calculation results show that the three countries with the highest need for health workers are San Marino with a preference value of -0.000233 , followed by Andorra at -0.000490 and Montenegro at -0.002111 . The highest preference value indicates a higher level of need for health workers because all the criteria in this study are categorized as costs and benefits. However, the results of this study need to be interpreted appropriately because it uses data on the number of health workers in absolute form without considering the number of population or the ratio of health workers to population. Therefore, the results of the study represent more needs on a total scale, not a proportionate level of adequacy. The integration of the F-AHP and MOORA methods results in a systematic, objective, and consistent decision-making process in determining the priority needs of health workers.

مستخلص البحث

ديوي، أديليا فطريا مارتا ٢٠٢٦. تطبيق عملية التسلسل الهرمي التحليلي الضبابي ($F-AHP$) والتحسين متعدد الأهداف على أساس تحليل النسبة ($MOORA$) مع مصفوفة موزونة لتحديد أولوية احتياجات العاملين في مجال الصحة. البحث العلمي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج، مالانج. المشرف: (١) الأستاذ الدكتور تومودي الماجستير في العلوم. (٢) الأستاذ الدكتور أحمد ناصح الدين الماجستير في الدين.

الكلمات الأساسية: المنطق الضبابي، عملية التسلسل الهرمي التحليلي الضبابي ($F-AHP$)، التحسين متعدد الأهداف بناء على تحليل النسبة ($MOORA$)، اتخاذ القرار، المصفوفة المرجحة، العاملون في الصحة.

تستخدم هذه الدراسة منهج اتخاذ القرار متعدد المعايير، وهو التحليل الهرمي الضبابي ($F-AHP$) وطريقة التحسين متعدد الأهداف على أساس تحليل النسبة ($MOORA$)، وذلك لتحديد أولويات احتياجات الكوادر الصحية. استخدمت طريقة $F-AHP$ لتحديد أوزان كل معيار من خلال مصفوفة المقارنة الزوجية المعتمدة على الأعداد الضبابية المثلثية (TFN)، بينما تُستخدم طريقة $MOORA$ لحساب قيمة التفضيل لكل بديل باستخدام المصفوفة التي تم إعطاؤها الأوزان. تتكون متغيرات الدراسة من خمسة معايير، وهي: عدد الأطباء (K_1)، عدد المرضى (K_2)، عدد القابلات (K_3)، عدد أطباء الأسنان (K_4)، عدد العاملين في الصيدلة (K_5)، ومساحة الأرض (K_6). وذلك على 20 دولة كبدائل في منطقة أوروبا وآسيا الوسطى، اعتمادًا على البيانات الرسمية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية (WHO). أظهرت نتائج حساب طريقة $F-AHP$ أن ترتيب أولويات المعايير من الأكثر أهمية إلى الأقل هو $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$. بعد ذلك، استخدمت أوزان هذه المعايير في طريقة $MOORA$ لتحديد ترتيب كل بديل. تظهر نتائج الحساب أن الدول الثلاث التي لديها أعلى احتياج للقوى العاملة الصحية هي سان مارينو بقيمة تفضيل بلغت ٠,٠٠٠٠٢٣٣، تليها اندورا بقيمة ٠,٠٠٠٠٤٩٠، ثم مونتينيغرو بقيمة ٠,٠٠٠٠٢١١١. وتشير أعلى قيمة تفضيل إلى مستوى أعلى من الحاجة إلى الكوادر الصحية، وذلك لأن جميع المعايير في هذه الدراسة مصنفة ضمن فئتي التكلفة ($cost$) والمنفعة ($benefit$). ومع ذلك، ينبغي تفسير نتائج هذه الدراسة بحذر، لأنها تعتمد على بيانات عدد الكوادر الصحية بشكل مطلق دون مراعاة عدد السكان أو نسبة الكوادر الصحية إلى عدد السكان. لذلك، فإن النتائج تعكس الاحتياجات على المستوى الإجمالي، وليس مستوى الكفاية بشكل نسبي. إن تكامل طريقتي $F-AHP$ و $MOORA$ يُنتج عملية اتخاذ قرار منهجية، موضوعية، ومتسقة في تحديد أولويات احتياجات الكوادر الصحية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logika *fuzzy* merupakan penerapan matematika untuk menunjukkan ketidakpastian atau ketidaktegasan dalam suatu data atau informasi yang memiliki sifat kabur. Berbeda dengan pendekatan klasik yang bersifat biner yaitu benar dan salah, *fuzzy* memungkinkan nilai-nilai yang kontinu dalam rentang antara 0 hingga 1 (Saelan, 2009). Oleh karena itu, dikembangkanlah teori himpunan *fuzzy* yang berbeda dengan logika *boolean* yang hanya mengenal dua nilai mutlak. Dengan demikian, sesuatu bisa dianggap benar dan salah, karena peran derajat keanggotaan menjadi sangat penting dan menjadi ciri khas utama dalam logika *fuzzy* (Saputra dkk., 2018).

Salah satu penerapan logika *fuzzy* yang penting yaitu Sistem Pendukung Keputusan (SPK) (Rizdania, 2021). SPK yaitu komponen dari sebuah sistem yang dirancang untuk membantu dalam menentukan pilihan terbaik dari berbagai pilihan yang tersedia. SPK berfungsi sebagai sarana yang membantu dengan memberikan rekomendasi berdasarkan analisis yang lebih terstruktur dan objektif (Gani dkk., 2023). Menurut Saputra dkk., (2018) sistem ini berupa model yang memiliki cara mengolah data serta memberikan pertimbangan untuk menyelesaikan masalah. SPK yang benar yaitu dengan dibuat sederhana dan mudah dipahami, agar bisa dikendalikan sesuai dengan kondisi saat ini (Saputra dkk., 2018). Dengan adanya SPK, proses pengambilan keputusan akan menjadi efektif karena dapat mengurangi ketidakpastian, mengoptimalkan pilihan, serta mempercepat penyelesaian masalah.

Selain itu ada beberapa metode yang sering dipakai dalam sistem pengambilan keputusan salah satunya ialah metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Gani dkk., 2023). AHP ialah metode pengambilan keputusan *Multi Atribut Decision Making* yang diperkenalkan oleh Thomas L. Saaty tahun 1980. Metode ini memungkinkan masalah yang rumit diuraikan ke dalam bentuk hierarki, selanjutnya dilakukan perbandingan berpasangan yang bertujuan untuk menentukan bobot setiap kriteria (Saputra dkk., 2018). Namun, AHP memiliki kelemahan karena hanya menggunakan skala penilaian yang tegas (*crisp*), sedangkan pengambilan keputusan melibatkan penilaian subjektif, tidak jelas, dan tidak tegas dalam penilaian AHP. Menurut Saaty, mengatur masalah yang rumit secara sistematis dalam beberapa tingkatan, tingkatan pertama adalah tujuan, lalu ada kriteria atau faktor, sub-kriteria, dan lainnya sampai tingkatan terakhir yang merupakan alternatif. Dengan memecah masalah menjadi hierarki, masalah akan mudah terselesaikan dari masalah yang rumit bisa disusun secara teratur serta terorganisasi (Saputra dkk., 2018).

Dengan demikian, dikembangkan metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (F-AHP) sebagai pengembangan dari metode AHP dengan mengintegrasikan pendekatan *fuzzy* pada proses perbandingan berpasangan untuk mengakomodasi ketidakpastian dalam penilaian bobot kriteria (Saputra dkk., 2018). Metode F-AHP memiliki perbedaan dengan metode AHP yaitu tentang implementasi penilaian matriks perbandingan berpasangan antar kriteria (Saputra dkk., 2018). Oleh karena itu, F-AHP menggunakan bilangan *fuzzy*, biasanya dalam bentuk *Triangular Fuzzy Number* (TFN) yang terdiri dari tiga nilai, yaitu nilai minimum, nilai tengah, dan nilai maksimum atau yang biasanya digunakan pada setiap variabel yaitu (a, b, c)

atau (l, m, u) , untuk menunjukkan tingkat ketidakpastian dalam penilaian (Saputra dkk., 2018). Dengan demikian, metode ini menghasilkan hasil yang realistis dan akurat karena memperhitungkan ketidakpastian dalam proses pengambilan keputusan (Albeni, 2019).

Selain metode F-AHP dalam menentukan bobot prioritas kriteria, penelitian ini juga mengkombinasikan dengan metode *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA). MOORA yaitu sebuah pendekatan optimalisasi multi-kriteria yang telah digunakan dengan baik dalam menyelesaikan berbagai jenis masalah dalam pengambilan keputusan (Yanifa dkk., 2020). MOORA adalah metode yang dilakukan dengan normalisasi pada matriks keputusan, lalu menghitung rasio antara kriteria yang memberi *benefit* (keuntungan) dan *cost* (kriteria), sehingga bisa menghasilkan nilai preferensi yang terbaik (Rohman dkk., 2023). Keunggulan MOORA terletak pada kesederhanaan perhitungan, transparansi, serta kemampuannya memberikan hasil yang jelas dan mudah dipahami. MOORA telah banyak digunakan dalam pengambilan keputusan di berbagai bidang karena mampu mengelola multi-kriteria sekaligus dengan langkah yang mudah dipahami (Situmorang dkk., 2022).

MOORA tidak digunakan sebagai metode utama, melainkan hanya sebagai tambahan dari F-AHP. Kombinasi F-AHP dan MOORA merupakan pendekatan yang saling melengkapi, di mana F-AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria dengan memperhatikan ketidakpastian. Sedangkan MOORA digunakan untuk mengatur bobot tersebut agar bisa menghasilkan preferensi secara lebih terstruktur (Al Khoiry dkk., 2022). Kombinasi antara metode F-AHP dan MOORA dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk matriks terbobot. Matriks ini diperoleh

dari hasil perkalian antara bobot kriteria yang diperoleh melalui F-AHP dengan nilai normalisasi dari MOORA. Dengan adanya matriks terbobot, setiap kriteria tidak lagi memiliki bobot yang sama, tetapi sesuai dengan tingkat pentingnya. Hal ini membuat penilaian terhadap alternatif lebih objektif karena memperhitungkan prioritas kriteria berdasarkan bobot *fuzzy* yang lebih tepat. Dengan menggabungkan kedua pendekatan tersebut, diharapkan proses pengambilan keputusan akan menjadi konsisten, lebih tepat, dan mudah dipahami.

Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa kombinasi F-AHP dan MOORA mampu memberikan hasil yang efektif dalam menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan yang melibatkan multi-kriteria. Pada penelitian (Hutabarat & Hutasuhut, 2025) yang berisi tentang kombinasi AHP dan MOORA dalam proses pengambilan keputusan, AHP digunakan untuk menentukan bobot prioritas setiap kriteria dengan cara membandingkan setiap pasangan kriteria dan menghitung *eigenvector*, kemudian MOORA digunakan untuk menormalisasi matriks keputusan dan menghitung nilai optimal yang menghasilkan preferensi secara objektif dan konsisten. Sementara itu, penelitian (Shabrina & Sinaga, 2021) lebih fokus pada penggunaan metode MOORA, karena lebih mencakup dalam menentukan normalisasi matriks keputusan, pemisahan kriteria menjadi kriteria *benefit* dan *cost*, serta perhitungan nilai preferensi. Proses ini menunjukkan kemampuan MOORA dalam memberikan peringkat yang jelas meskipun hanya menggunakan perhitungan yang sederhana.

Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut, metode F-AHP dan MOORA terbukti efektif digunakan dalam pengambilan keputusan multi-kriteria yang kompleks. Kombinasi metode F-AHP dan MOORA relevan digunakan dalam penelitian ini

karena mampu menggabungkan aspek subjektif dan objektif dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. F-AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria secara *fuzzy* berdasarkan pendapat para ahli, sedangkan metode MOORA digunakan untuk memperbaiki hasil penentuan bobot tersebut dengan cara meranking berdasarkan matriks terbobot. Dengan demikian, penerapan kedua metode ini secara langsung menjawab permasalahan penelitian, yaitu bagaimana menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan (Al Khoiry dkk., 2022).

Tenaga kesehatan merupakan seseorang yang mempunyai wawasan serta keahlian yang diperoleh dari pendidikan kesehatan, serta mengabdikan diri untuk bekerja dalam bidang tersebut. Selain itu, mereka juga diberi wewenang untuk melakukan kegiatan di bidang kesehatan (Gani dkk., 2023). Berdasarkan peraturan pemerintahan RI dari UU RI No. 36 Tahun 2014 tentang tenaga kesehatan yaitu menegaskan bahwa tenaga kesehatan terdiri dari berbagai kategori profesi, termasuk tenaga medis, keperawatan, kebidanan, kefarmasian, kesehatan masyarakat, gizi, dan tenaga kesehatan lainnya. Dengan adanya regulasi ini, penyelenggaraan layanan kesehatan meliputi pencegahan, peningkatan, pengobatan, serta pemulihan, tenaga kesehatan memegang peran yang sangat strategis, sehingga kehadirannya menjadi faktor kunci dalam peningkatan derajat kesehatan masyarakat. Ketersediaan tenaga kesehatan menjadi salah satu faktor utama untuk memperbaiki mutu pelayanan kesehatan di suatu wilayah. Tenaga kesehatan tidak hanya bertugas memberikan pelayanan medis, tetapi juga membantu menjaga dan meningkatkan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

Kebutuhan tenaga kesehatan sangat penting dalam meningkatkan kualitas layanan kesehatan. Jumlah dan distribusi tenaga kesehatan tidak merata, sehingga

mempengaruhi akses dan kualitas pelayanan kesehatan bagi masyarakat. Dalam penelitian ini, data tentang tenaga kesehatan didapat dari *World Health Organization* (WHO) pada *National Health Workforce Accounts Data Portal* yang memberikan informasi resmi dan terstandar mengenai jumlah dokter, perawat, bidan, dokter gigi, dan tenaga farmasi. Sehingga semua variabel penelitian didasarkan pada data yang valid dan dapat dipercaya.

Selain itu tenaga kesehatan juga mendapatkan perhatian terhadap masalah kesehatan yang ditekankan dalam ajaran Islam, yaitu kesehatan sebagai nikmat Allah Swt yang sangat berharga dan wajib dijaga. Sehingga Rasulullah Saw menegaskan melalui sebuah hadits yang diriwayatkan oleh al-Bukhari bahwa ada dua nikmat yang sering kali manusia lupakan yaitu kesehatan dan waktu luang. Hal tersebut menunjukkan bahwa menjaga kesehatan bukan hanya menjadi kebutuhan dalam aspek jasmani, melainkan juga merupakan kewajiban moral dan agama bernilai dalam ibadah. Oleh karena itu, menjaga kesehatan merupakan bagian dari *maqāṣid al-sharī'ah*, sebab kesehatan termasuk tujuan utama dalam syari'at yakni memelihara jiwa (*hifzh al-nafs*) yang berarti pentingnya melindungi kehidupan manusia. Maka tertuanglah perhatian Islam terhadap masalah kesehatan dalam Q.S Al-Maidah ayat 32.

مِنْ أَجْلِ ذَلِكَ كَتَبْنَا عَلَىٰ بَنِي إِسْرَائِيلَ أَنَّهُ ۖ مَنْ قَتَلَ نَفْسًا بِغَيْرِ نَفْسٍ أَوْ فَسَادٍ فِي الْأَرْضِ فَكَأَنَّمَا قَتَلَ
النَّاسَ جَمِيعًا ۚ وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعًا ۚ وَلَقَدْ جَاءَهُمْ رَسُولُنَا بِالْبَيِّنَاتِ ثُمَّ إِنَّ كَثِيرًا مِّنْهُمْ بَعَدَ
ذَلِكَ فِي الْأَرْضِ لَمُسْرِفُونَ ﴿٣٢﴾

“Barangsiapa yang membunuh seorang manusia, bukan karena orang itu (membunuh) orang lain, atau bukan karena membuat kerusakan dimuka bumi, maka seakan-akan dia telah membunuh manusia seluruhnya. Dan barangsiapa yang memelihara kehidupan seorang manusia, maka seolah-olah dia telah memelihara kehidupan manusia semuanya. Dan sesungguhnya telah datang kepada mereka rasul-rasul Kami dengan (membawa) keterangan-keterangan yang

jelas, kemudian banyak diantara mereka sesudah itu sungguh-sungguh melampaui batas dalam berbuat kerusakan dimuka bumi.” (Q.S Al-Maidah:32).

Tafsir al-Mishbah oleh Shihab menjelaskan bahwa ayat tersebut merupakan perbuatan melindungi kehidupan seorang manusia sama seperti melindungi kehidupan seluruh umat manusia. Berdasarkan perilaku Bani Israil, Ayat ini menekankan ketetapan hukum mengenai persoalan penting dan hukum itu disampaikan bahwa (Shihab, 2009),

“Barang siapa yang membunuh satu jiwa bukan karena membunuh jiwa orang lain atau bukan karena membuat kerusakan di muka bumi, maka seakan-akan dia telah membunuh manusia seluruhnya. Dan barang siapa yang memelihara kehidupan manusia maka seolah-olah dia telah memelihara kehidupan manusia semuanya. Dan sesungguhnya telah datang kepada mereka para rasul kami dengan membawa keterangan-keterangan yang jelas, kemudian sesungguhnya diantara mereka sesudah itu melampaui batas di muka bumi.”

Penafsiran ini menunjukkan bahwa Islam menekankan betapa pentingnya menjaga keselamatan jiwa, bukan hanya atas dasar individu, tetapi sebagai tanggung jawab sosial yang meluas. Jika membunuh seorang manusia dianggap menyerang seluruh umat, maka menyelamatkan satu nyawa memiliki nilai yang sangat tinggi, seolah menyelamatkan seluruh manusia (Shihab, 2009). Dengan demikian, ayat ini sebagai landasan normatif bagi profesi tenaga kesehatan, dalam aspek menyembuhkan dan menyelamatkan nyawa, di posisi yang sangat mulia dalam Islam. Peran tenaga kesehatan dapat dipahami sebagai wujud nyata pengamalan syar’iat Islam untuk memelihara jiwa (*hifzh al-nafs*), sehingga kedudukannya sangat mulia baik di sisi masyarakat maupun dalam pandangan agama (Shihab, 2009).

Metode AHP dan MOORA telah digunakan dalam berbagai penelitian, baik secara mandiri maupun dalam bentuk kombinasi. Integrasi F-AHP dan MOORA melalui pendekatan matriks terbobot juga menjadi salah satu pengembangan dalam analisis multi-kriteria. F-AHP digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dalam

penilaian kriteria, sedangkan MOORA mampu memberi perankingan alternatif secara objektif. Kombinasi kedua metode tersebut melalui matriks terbobot guna menghasilkan pengambilan keputusan yang lebih konsisten dan tepat dalam masalah multi-kriteria. Berdasarkan uraian di atas, Penelitian ini menerapkan F-AHP untuk memperoleh bobot kriteria dan MOORA untuk menentukan urutan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Seluruh analisis dilakukan menggunakan data resmi dari WHO untuk memastikan hasil penelitian akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan sebagai berikut yaitu bagaimana implementasi F-AHP dan MOORA dengan matriks terbobot dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di beberapa negara wilayah Eropa dan Asia Tengah berdasarkan dataset resmi WHO?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode F-AHP dan MOORA dengan matriks terbobot dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di beberapa negara wilayah Eropa dan Asia Tengah berdasarkan dataset WHO.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini berguna untuk menambah pengetahuan pada bidang pengambilan keputusan yang menggunakan logika *fuzzy*. Kombinasi F-AHP dengan MOORA melalui matriks terbobot dapat menjadi referensi tambahan dalam

pengembangan model analisis multi-kriteria, serta bisa digunakan sebagai pedoman bagi penelitian berikutnya di bidang kesehatan maupun bidang lain yang serupa.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Peneliti

Penelitian ini sebagai sarana untuk mengembangkan wawasan, pengetahuan, serta keterampilan dalam menerapkan metode F-AHP dan MOORA pada permasalahan nyata, khususnya dalam bidang kesehatan. Sekaligus memberikan pengalaman praktis dalam mengolah data, menganalisis kriteria yang kompleks, serta menghasilkan rekomendasi yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan.

b. Bagi Pembaca

Penelitian ini memberikan referensi dan informasi yang relevan mengenai penerapan kombinasi F-AHP dan MOORA dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan, sehingga dapat menjadi bahan rujukan baik bagi akademisi, praktisi, maupun masyarakat umum dalam memahami penerapan metode pengambilan keputusan yang melibatkan ketidakpastian.

c. Bagi Instansi

Penelitian ini bisa memberikan manfaat nyata bagi instansi terkait, terutama Pemerintah, dinas kesehatan sebagai acuan dalam menyusun kebijakan strategis terkait perencanaan dan penyebaran tenaga kesehatan. Dengan adanya hasil penelitian ini, instansi bisa membuat keputusan yang lebih tepat guna meningkatkan kualitas layanan kesehatan bagi masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada penerapan metode F-AHP dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Untuk mewujudkan tujuan, perlu diterapkan beberapa langkah berikut sebagai batasan masalah:

1. Penelitian ini dibatasi pada implementasi metode F-AHP untuk menentukan bobot kriteria dan metode MOORA untuk merangking prioritas kebutuhan tenaga kesehatan.
2. Penelitian hanya berfokus pada penentuan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan pada 20 negara yang ada di wilayah Eropa dan Asia Tengah berdasarkan data publik dari WHO.
3. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada enam yaitu, jumlah dokter, jumlah perawat, jumlah bidan, jumlah dokter gigi, jumlah tenaga farmasi, dan luas daratan.
4. Data yang digunakan bersifat sekunder yang tersedia di WHO.
5. Penelitian ini tidak mempertimbangkan aspek-aspek lain diluar kriteria tersebut seperti jumlah penduduk, ketersediaan fasilitas kesehatan, aksesibilitas layanan kesehatan, kondisi sosial ekonomi masyarakat, dll.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Teori *Fuzzy*

2.1.1 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah pengembangan dari logika klasik yang dirancang untuk menangani ketidakpastian dan keambiguan dalam proses pengambilan keputusan. Pada tahun 1965 Prof Lutfi A. Zadeh pertama kali mengembangkan teori himpunan *fuzzy*, yang dikenal sebagai logika *fuzzy* yang memiliki makna kabur atau samar, yang merupakan salah satu bagian penting dalam *soft-computing* (M. Asrori, 2011). Logika *fuzzy* sudah digunakan di berbagai bidang, mulai dari teori kontrol hingga kecerdasan buatan (Wahyuni, 2021). Logika *fuzzy* didasarkan pada konsep derajat keanggotaan yang menentukan suatu elemen dalam suatu himpunan. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan ini disebut sebagai fungsi keanggotaan dan merupakan ciri utama dari cara berpikir dalam logika *fuzzy*. Pengembangan logika *Boolean* dengan konsep kebenaran biasa disebut dengan istilah logika *fuzzy*, dalam teori ini, kebenaran tidak hanya berupa nilai biner 0 atau 1, tetapi juga bisa dinyatakan dalam tingkat kebenaran misalnya benar atau salah (Saputra dkk., 2018).

Logika *fuzzy* digunakan pada berbagai permasalahan yang bersifat tidak pasti, tidak akurat, *noisy*, dan lainnya (Wahyuni, 2021). Dalam pengambilan keputusan, logika *fuzzy* sering digunakan untuk mengevaluasi kriteria yang bersifat subjektif, seperti kepuasan, urgensi, atau persepsi masyarakat. Menurut (Saelan, 2009) logika *fuzzy* memiliki beberapa kelebihan, sehingga dapat

dijadikan sebagai alternatif dalam proses pengambilan keputusan di berbagai sistem yang ada:

1. Konsep dalam logika *fuzzy* cukup sederhana sehingga mudah dipahami.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, dan bisa berubah sesuai dengan kondisi yang berubah dan situasi yang tidak pasti.
3. Logika *fuzzy* bisa menerima data yang tidak sempurna atau tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* bisa menyusun sistem untuk fungsi-fungsi yang rumit dan tidak linear.
5. Logika *fuzzy* bisa bekerja sama dengan metode-metode kontrol yang biasa digunakan.

Meskipun logika *fuzzy* memiliki banyak kelebihan, teori ini juga mempunyai beberapa kekurangan diantaranya (Saelan, 2009):

1. Penentuan fungsi keanggotaan didasarkan pada pengalaman atau perasaan pakar, sehingga dapat menghasilkan perbedaan pandangan antar peneliti.
2. Tidak ada pedoman tetap dalam membuat himpunan *fuzzy* atau fungsi keanggotaan, sehingga penerapannya harus disesuaikan dengan kondisi masalah yang dihadapi.
3. Perhitungannya menjadi rumit jika jumlah kriteria atau variabel yang digunakan banyak, sehingga sulit dihitung secara manual.
4. Hasil yang diperoleh sangat bergantung pada keakuratan data dan pengetahuan pakar, jadi jika data tidak tepat, hasil keputusan juga tidak optimal.
5. Logika *fuzzy* memerlukan pendampingan dari metode lain agar bisa memberikan analisis yang lebih lengkap, karena logika *fuzzy* hanya

memberi kerangka untuk mewakili ketidakpastian tanpa proses pengambilan keputusan yang utuh.

2.1.2 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah hasil pengembangan teori himpunan dalam ilmu matematika. Dalam himpunan *fuzzy*, setiap nilai berada pada rentang dengan derajat keanggotaan yang berkisaran antara 0 dan 1 (Rindengan & Yohanes, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa nilai 1 merupakan suatu elemen dengan anggota penuh dari himpunan tertentu, sedangkan nilai 0 merupakan suatu elemen bukan anggota dari himpunan tersebut. Pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel dapat dilakukan dengan himpunan *fuzzy*, yang direpresentasikan melalui fungsi keanggotaan pada himpunan semesta U (Saelan, 2009). Suatu nilai dalam himpunan juga memiliki keanggotaan yang dinyatakan dengan derajat keanggotaan yang bernilai berkisar antara 0,0 sampai 1,0. Dalam logika *Boolean*, nilai hanya bisa bernilai benar atau salah, tetapi dalam himpunan *fuzzy*, nilai bisa memiliki tingkat keanggotaan yang beragam (Saelan, 2009).

Himpunan *fuzzy* dapat dikelompok dalam variabel *fuzzy* berdasarkan suatu kondisi atau situasi tertentu, sehingga, himpunan *fuzzy* memiliki dua ciri utama (Wahyuni, 2021) yaitu:

1. Variabel linguistik, yaitu variabel yang nilai-nilainya dinyatakan dengan kata-kata atau istilah alami.
2. Variabel numerik, yaitu variabel yang nilainya dinyatakan dengan angka.

Dengan demikian, himpunan *fuzzy* tidak hanya bisa merepresentasikan keanggotaan yang tegas seperti dalam logika klasik, tetapi juga bisa digunakan

untuk menggambarkan kondisi yang samar dan tidak tegas dalam kehidupan nyata, baik melalui variabel linguistik maupun variabel numerik.

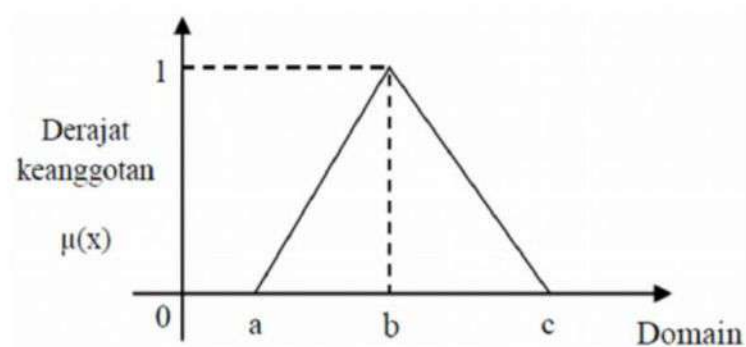
2.1.3 Bilangan *Fuzzy*

Bilangan *fuzzy* merupakan representasi numerik dari konsep ketidakpastian yang dikembangkan dalam teori himpunan *fuzzy* yang dinyatakan dalam bentuk interval *fuzzy* didalam bilangan real. Teori ini hanya menggunakan nilai 1 dan 0 sehingga dianggap tidak cukup untuk menggambarkan berbagai fenomena dalam kehidupan nyata yang bersifat samar (Rindengan & Yohanes, 2019). Bilangan *fuzzy* memiliki tiga sifat yaitu normal, tertutup dalam bilangan real, dan konveks. Secara linguistik, suatu nilai sering kali dinyatakan dalam bentuk bilangan *fuzzy*. Dalam penerapannya, pengolahan bilangan *fuzzy* lebih menitikberatkan pada pemrosesan kata atau istilah dibandingkan pada perhitungan numerik secara langsung (Sari & Alisah, 2012).

Bilangan ini memiliki derajat keanggotaan (μ) yang menunjukkan bahwa suatu elemen termasuk ke dalam suatu himpunan *fuzzy*. Bilangan *fuzzy* dikatakan bersifat normal jika nilai derajat keanggotaan sama dengan 1 dimana nilai $\mu = 0$ berarti elemen tidak termasuk dalam himpunan, $\mu = 1$ berarti elemen termasuk sepenuhnya. Sedangkan nilai antara 0 dan 1 menunjukkan bahwa elemen tersebut termasuk sebagian dalam himpunan (Abdy, 2018). Operasi bilangan *fuzzy* dilakukan dalam bentuk interval tertutup jika potongan- α dari bilangan *fuzzy* merupakan interval tertutup $\forall \alpha \in [0,1]$ (Abdy, 2018). Misalnya \tilde{A} dan \tilde{B} adalah bilangan *fuzzy* pada semesta bilangan real dengan derajat keanggotaan $\mu_A(x)$ dan $\mu_B(x)$ dan empat operasi aritmatika (penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian) pada bilangan real, misalnya $(A * B)_\alpha = A_\alpha * B_\alpha$ untuk setiap $\alpha \in$

[0,1]. Dengan adanya interval keanggotaan, teori *fuzzy* dapat menggambarkan kondisi nyata yang tidak dapat dijelaskan secara tegas oleh logika konvensional (Sari & Alisah, 2012).

Fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium sering digunakan sebagai fungsi keanggotaan dalam bilangan *fuzzy*. Namun, bentuk fungsi keanggotaan lainnya juga bisa digunakan, jika bilangan *fuzzy* A menggunakan fungsi keanggotaan segitiga, maka bilangan *fuzzy* tersebut disebut bilangan *fuzzy* segitiga (Abdy, 2018). Berdasarkan penelitian (Wahyuni, 2021) fungsi keanggotaan segitiga merupakan salah satu model yang paling umum diterapkan pada logika *fuzzy* karena mudah dipahami. Bentuk ini menunjukkan peningkatan nilai keanggotaan secara perlahan dari nol sampai mencapai titik tertinggi, kemudian menurun kembali ke nol secara perlahan. Pada dasarnya itu merupakan kombinasi dari dua garis lurus (linier), dimana nilai domain berada antara a dan b atau antara b dan c . Dengan kata lain, fungsi ini menghasilkan kurva berbentuk segitiga yang ditentukan oleh tiga parameter, yaitu a , b , dan c . Gambar 2.1 berikut menunjukkan contoh representasi kurva segitiga:



Gambar 2.1 Representasi Kurva Segitiga

Dengan rumus fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \end{cases} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- $\mu(x)$: Derajat Keanggotaan.
- x : Variabel input atau nilai yang akan diperiksa keanggotaannya dalam himpunan *fuzzy*.
- a : Batas bawah (awal domain) dimana untuk semua $x \leq a$ nilai keanggotaan yaitu 0.
- b : Nilai tengah domain dimana derajat keanggotaan bernilai maksimum yaitu 1.
- c : Batas atas (akhir domain) dimana untuk semua $x \geq c$ nilai keanggotaannya yaitu 0.
- $\frac{x-a}{b-a}$: Menunjukkan bagian kurva naik secara linier dari a menuju b .
- $\frac{c-x}{c-b}$: Menunjukkan bagian kurva turun secara linier dari b menuju c .

2.1.4 *Triangular Fuzzy Number* (TFN)

Triangular Fuzzy Number (TFN) adalah bilangan himpunan *fuzzy* yang diaplikasikan sebagai alat mengukur sesuatu yang terkait dengan penilaian subjektif dari manusia (Albeni, 2019). TFN dinyatakan dengan tiga parameter, yaitu (l, m, u) . Parameter l (batas bawah) menunjukkan nilai terkecil di mana

tingkat keanggotaan mulai bernilai nol, sedangkan untuk parameter m (nilai tengah) adalah nilai yang paling mungkin terjadi. Dimana tingkat keanggotaannya mencapai nilai tertinggi yaitu 1, sedangkan parameter u (batas atas) adalah nilai batas atas, yaitu nilai tertinggi dimana derajat keanggotaan kembali bernilai 0 (Kusumadewi, S., & Purnomo, 2019). TFN disimbolkan dengan $\tilde{M} = (l, m, u)$, secara matematis, fungsi keanggotaan TFN memiliki bentuk kurva segitiga dengan tiga titik penting yaitu l, m , dan u . Definisi dari fungsi keanggotaan tersebut ditulis sebagai berikut (Rindengan & Yohanes, 2019):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ \frac{x-l}{m-l}, & l < x < m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m < x < u \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (2.2)$$

Keterangan:

- $\mu_{\tilde{A}}(x)$: Derajat keanggotaan.
- x : Variabel input atau nilai yang akan diperiksa keanggotaannya dalam himpunan *fuzzy*.
- l : Batas bawah (*lower bound*), nilai minimum dengan derajat keanggotaan bernilai 0.
- m : Nilai tengah (*middle value*), nilai yang dianggap paling representatif.
- u : Batas atas (*upper bound*), nilai terbesar dengan derajat keanggotaan kembali bernilai 0.

Hasil dari penjumlahan maupun pengurangan pada TFN akan tetap menghasilkan TFN, sedangkan hasil dari perkalian dan pembagian hasilnya bukan

TFN, begitu pula untuk operasi max maupun min pada TFN juga tidak menghasilkan TFN (Rindengan & Yohanes, 2019). TFN yang digunakan untuk keperluan dalam matriks perbandingan berpasangan seperti, mutlak lebih penting, sangat penting, lebih penting, sedikit lebih penting, dan sama penting.

Selain itu TFN memiliki beberapa keunggulan, seperti mudah dipahami, perhitungannya sederhana, serta mampu merepresentasikan nilai yang tidak jelas dengan cukup baik. Namun, TFN juga memiliki kekurangan, yaitu kurang mampu menggambarkan distribusi data yang rumit karena hanya menggunakan tiga parameter saja. Meski begitu, TFN tetap termasuk sebagai salah satu bilangan *fuzzy* yang paling sering digunakan dalam penerapan teori *fuzzy* yang disebabkan oleh sifatnya yang praktis dan efisien (Abdy, 2018).

Pemilihan TFN dalam penelitian ini didasarkan pada pertimbangan konseptual dan metodologis. Secara konseptual, TFN memiliki bentuk sederhana dengan tiga parameter (l, m, u) yang mampu menggambarkan ketidakpastian penilaian secara jelas tanpa perhitungan yang kompleks. Dari sisi metodologis, TFN efisien digunakan karena proses perhitungan sintesis *fuzzy* dan defuzzifikasi lebih mudah serta menghasilkan bobot yang stabil dan konsisten. Sebagai perbandingan, TrFN menggunakan empat parameter (a, b, c, d) dan memiliki bentuk puncak datar yang menggambarkan rentang nilai maksimum. Meskipun TrFN lebih fleksibel, bentuknya memerlukan proses perhitungan yang lebih rumit dan waktu komputasi lebih lama. Karena tingkat ketidakpastian data pada penelitian ini masih dapat diwakili dengan baik oleh bentuk segitiga, maka TFN dipilih karena lebih efisien, mudah diinterpretasikan, dan sesuai dengan kebutuhan analisis (Princy & Dhenakaran, 2016).

2.2 Sistem Pendukung dalam Pengambilan Keputusan

Pengambilan keputusan merupakan hal penting dalam manajemen dan bisnis. Keputusan yang benar bisa membantu perusahaan mencapai tujuan secara lebih baik, sedangkan keputusan yang kurang tepat bisa menyebabkan kesulitan dalam beroperasi dan berkembang (Umar dkk., 2024). Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah sistem yang dibuat untuk membantu orang yang membuat keputusan dalam mengumpulkan, mengelola, menganalisis, memahami informasi yang penting, agar proses pengambilan keputusan bisa lebih baik (Umar dkk., 2024). Sistem yang dikembangkan dengan basis komputer yang tersusun atas tiga komponen yang saling berkaitan dikenal dengan istilah SPK. Komponen yang pertama yaitu bahasa, berperan sebagai alat mekanisme untuk mendukung sistem pendukung keputusan lainnya, komponen kedua yaitu pengetahuan, yang berisi repositori pengetahuan mengenai masalah tertentu dalam sistem pendukung keputusan yang bisa berupa data atau prosedur, serta komponen ketiga yaitu pemrosesan masalah, yang mengaitkan dua komponen sebelumnya (Kusrini, 2007).

2.2.1 Karakteristik Sistem Pendukung Keputusan

SPK dibuat khusus agar bisa membantu seseorang atau sebuah organisasi dalam mengambil keputusan mengenai suatu masalah tertentu (Wahyuni, 2021). Dalam penerapannya, SPK tidak hanya digunakan untuk menyimpan data saja, tetapi juga sebagai sistem yang bisa mengolah dan menampilkan informasi secara rapi agar membantu proses pengambilan keputusan (Wahyuni, 2021). Oleh karena itu, ada beberapa karakteristik SPK (Wahyuni, 2021):

1. Interaktif

SPK memiliki *user interface* yang komunikatif sehingga pengguna dapat mengakses data dengan cepat dan mudah memperoleh informasi yang dibutuhkan.

2. Fleksibel

SPK memiliki sebanyak mungkin variabel masukan, kemampuan untuk mengolah dan memberikan keluaran yang menyajikan alternatif-alternatif keputusan kepada pemakai.

3. Data Kualitas

SPK memiliki kemampuan menerima data kualitas yang dikuantitaskan yang sifatnya subyektif dari pemakainya, sebagai data masukan untuk pengolahan data. Misalnya: penilaian terhadap kecantikan yang bersifat kualitas, dapat dikuantitaskan dengan pemberian bobot nilai seperti 75 atau 90.

4. Prosedur Pakar

SPK mengandung suatu prosedur yang dirancang berdasarkan rumusan formal atau juga beberapa prosedur kepakaran seseorang atau kelompok dalam menyelesaikan suatu bidang masalah dengan fenomena tertentu.

Berdasarkan karakteristik tersebut, Sistem Pendukung Keputusan diciptakan agar bisa membantu proses pengambilan keputusan dengan cara yang sistematis, teratur, dan didasarkan pada data. Karakteristik yang interaktif, fleksibel, mampu mengolah data berbentuk kualitatif, serta menyediakan prosedur dari para ahli menunjukkan bahwa sistem pakar tidak hanya digunakan untuk menyimpan data saja, tetapi juga bertindak sebagai alat bantu dalam proses

analisis yang memperkuat pengambilan keputusan secara lebih objektif dan terukur.

2.2.2 Konsep Dasar dan Keunggulan Sistem Pendukung Keputusan

Menurut (Umar dkk., 2024) ada beberapa konsep dasar yang mendasari SPK sebagai berikut:

1. Konsep dasar SPK terkait dengan proses pengambilan keputusan, yaitu cara memilih dari beberapa pilihan yang ada agar bisa mencapai tujuan yang diinginkan.
2. Informasi dan data merupakan bagian penting dalam SPK karena dapat menggabungkan data dari berbagai tempat dan menyusunnya agar mudah dijangkau.
3. SPK menggunakan model matematis atau algoritma untuk menganalisis data dan informasi. Model-model ini menunjukkan hubungan antar variabel yang relevan dan membantu memahami dampak dari berbagai keputusan.
4. Visualisasi data dan hasil analisis sangat penting agar proses pengambilan keputusan menjadi lebih mudah. Grafik serta berbagai bentuk representasi visual lainnya membantu pengguna dalam memahami informasi dengan lebih jelas dan terstruktur.
5. Sistem pendukung keputusan bisa dipakai untuk mengawasi pelaksanaan keputusan yang sudah diambil dan mengevaluasi hasilnya.

Selain itu SPK juga memiliki keunggulan, berdasarkan (Rahmansyah & Lusinia, 2016) diantaranya:

1. Mampu membantu menemukan solusi untuk beragam permasalahan yang bersifat kompleks.

2. Dapat merespons secara cepat terhadap kondisi yang berubah-ubah maupun situasi tak terduga.
3. Mampu menggunakan beragam strategi yang secara efisien dan akurat.
4. Meningkatkan kontrol manajemen dan kinerja.
5. Efisien dalam waktu karena proses dapat diselesaikan lebih cepat.

2.2.3 Komponen Sistem Pendukung Keputusan

SPK terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja sama untuk membantu pengambil keputusan dalam proses pengambilan keputusan yang lebih baik. Berikut adalah komponen-komponen utama SPK (Umar dkk., 2024):

1. *Database* (Basis Data)

Komponen ini digunakan untuk menyimpan dan mengelola data yang relevan untuk pengambilan keputusan. Data ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk *database* internal organisasi, sumber data eksternal, dan sumber data publik. *Database* dalam SPK harus dirancang agar memungkinkan akses yang mudah dan efisien terhadap informasi yang diperlukan.

2. Model Analitis (Model Matematika atau Statistik)

Model-model matematis atau statistik digunakan untuk menganalisis data dan informasi yang ada. Model ini mencerminkan hubungan antara variabel-variabel yang relevan dalam proses pengambilan keputusan. Contoh model analitis termasuk regresi, analisis multivariat, model linear, dan teknik-teknik pengambilan keputusan seperti *Analytic Hierarchy Process* (AHP) atau metode *fuzzy*.

3. *User Interface* (Antarmuka Pengguna)

Komponen ini adalah *User Interface* yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan SPK. *User Interface* ini harus mudah digunakan, sederhana, dan memungkinkan pengguna untuk memasukkan data, mengatur parameter analisis, serta melihat hasil dengan jelas. *User Interface* bisa berupa aplikasi di komputer, aplikasi di internet, atau *User Interface* yang hanya menggunakan teks.

4. Sistem Manajemen Pengetahuan

Komponen ini mengandung pengetahuan dan aturan bisnis yang relevan yang membantu SPK dalam membuat keputusan berdasarkan situasi yang ada.

5. Komunikasi dan Koneksi Data (*Networking*)

Komponen ini memastikan bahwa SPK dapat berkomunikasi dengan sumber data eksternal, sistem lain atau internet jika diperlukan. Ini memungkinkan penggunaan data aktual dan terkini dalam proses pengambilan keputusan.

6. Fleksibilitas dan Skalabilitas

SPK harus dirancang agar fleksibel dan dapat berkembang seiring berubahnya kebutuhan organisasi. Hal ini mencakup kemampuan untuk menambahkan data baru, memodifikasi model analitis, atau mengubah aturan pengetahuan.

2.2.4 Tahapan Sistem Pendukung Keputusan

Tahapan dalam SPK merupakan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam pengambilan keputusan secara terstruktur. Dalam penelitian ini, tahap SPK

disesuaikan dengan proses penerapan metode *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (F-AHP) dan *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis* (MOORA). Terdapat empat tahapan yang berhubungan dengan proses pengambilan keputusan (Sembiring dkk., 2020):

1. *Intelligence*

Kecerdasan dapat didefinisikan dalam banyak pemahaman: pemahaman logika, kecerdasan diri, pembelajaran, pengetahuan emosional, penalaran, perencanaan, kreatifitas, pemikiran kritis, dan pemecah masalah. Secara umum ini dapat di gambarkan sebagai kemampuan untuk mempersipkan sebuah informasi, dan mempertahankannya sebagai pengetahuan yang diterapkan

2. *Design*

Disain adalah rencana untuk spesifikasi untuk kontruksi objek atau sistem yang digunakan untuk melaksanakan suatu kegiatan atau aktivitas. proses, atau hasil dari rencana atau spesifikasi tersebut dalam bentuk prototype, produk dan proses, kata kerja mendisain mengekspresikan proses pengembangan suatu sistem.

3. *Choice*

Tahap ini dilakukan untuk memilih sesuatu yang tepat. dari berbagai aspek pencarian, evaluasi dan penyelesaian yang dibuat sesuai dengan model yang telah dirancang. Penyelesaian dengan menerapkan sebuah model adalah nilai spesifik dari alternatif yang terpilih.

4. *Implementation*

Implementasi di terapkan pada teknologi untuk menggambarkan interaksi unsur- unsur dalam bahasa pemrograman, penerapan di gunakan untuk mengenali dan menggunakan elemen kode atau sumber daya pemrograman yang di tulis kedalam program.

Dengan demikian, tahapan Sistem Pendukung Keputusan yang terdiri dari tahap intelijen, merancang, memilih, dan menerapkan memberikan kerangka kerja yang terstruktur dalam proses pengambilan keputusan.

2.2.5 Pendekatan Logika *Fuzzy* dalam Sistem Pendukung Keputusan

SPK adalah sistem berbasis komputer yang dibuat untuk membantu seseorang dalam membuat keputusan, baik masalah yang sudah terstruktur maupun yang belum terstruktur, dengan menggunakan data dan model matematika. Menurut Kusriani, (2007), SPK bertujuan agar proses pengambilan keputusan menjadi lebih efektif dengan memberikan beberapa pilihan solusi yang didasarkan pada kriteria tertentu. Dalam praktiknya, proses pengambilan keputusan sering kali melibatkan unsur subjektivitas dan ketidakpastian, terutama ketika penilaian dilakukan berdasarkan persepsi atau pengalaman pengambil keputusan. Pendekatan konvensional yang menggunakan nilai tegas (*crisp*) terkadang kurang mampu merepresentasikan kondisi tersebut. Oleh karena itu, logika *fuzzy* yang memungkinkan suatu nilai dinyatakan dalam bentuk derajat keanggotaan. Dalam penelitian ini, representasi ketidakpastian tersebut menggunakan TFN, yaitu bilangan *fuzzy* yang dinyatakan dalam tiga parameter (l, m, u) yang masing-masing menunjukkan batas bawah, nilai tengah, dan batas atas.

Menurut Kusumadewi, S., & Purnomo, (2019), penggunaan TFN dalam SPK memudahkan proses komputasi sekaligus tetap mampu merepresentasikan ambiguitas dalam penilaian linguistik. Dalam konteks SPK multikriteria, TFN banyak diterapkan pada metode pembobotan seperti F-AHP, yaitu pengembangan dari AHP yang diperkenalkan oleh Thomas L. Saaty. Pada pendekatan ini, matriks perbandingan berpasangan dinyatakan dalam bentuk TFN untuk mengakomodasi ketidakpastian dalam penilaian antar kriteria. Bobot hasil perhitungan *fuzzy* kemudian didefuzzifikasi sebelum digunakan pada tahap evaluasi alternatif, misalnya menggunakan metode optimasi seperti MOORA untuk proses perangkingan. Dengan demikian, penerapan logika *fuzzy* melalui TFN dalam SPK memungkinkan sistem menangani ketidakpastian secara matematis, sekaligus mendukung integrasi metode pembobotan dan perangkingan alternatif secara lebih objektif dan sistematis.

2.3 Penerapan F-AHP dan MOORA dalam Perangkingan

Permasalahan pengambilan keputusan multikriteria sering kali melibatkan penilaian yang bersifat subjektif dan tidak pasti. Representasi nilai secara tegas (*crisp*) dalam metode konvensional belum sepenuhnya mampu menggambarkan ambiguitas tersebut. Oleh karena itu, pendekatan logika *fuzzy* digunakan untuk mengakomodasi ketidakpastian melalui konsep derajat keanggotaan. Dalam penelitian ini, ketidakpastian direpresentasikan menggunakan TFN yang dinyatakan dalam tiga parameter (l, m, u), yaitu batas bawah, nilai tengah, dan batas atas. Metode AHP yang diperkenalkan oleh Thomas L. Saaty pada awalnya menggunakan skala tegas dalam matriks perbandingan berpasangan. Meskipun mampu menghasilkan bobot prioritas secara sistematis, pendekatan tersebut

memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan persepsi manusia yang cenderung linguistik dan tidak eksak. Menurut Kusumadewi, S., & Purnomo, (2019), logika *fuzzy* memungkinkan nilai linguistik seperti “cukup penting” atau “lebih penting” dikonversi ke dalam bentuk matematis melalui fungsi keanggotaan, sehingga proses pembobotan menjadi lebih fleksibel.

Pengembangan AHP ke dalam F-AHP dilakukan dengan mengganti skala perbandingan tegas menjadi skala *fuzzy* berbentuk TFN. Pada tahap ini, setiap elemen dalam matriks perbandingan dinyatakan sebagai bilangan *fuzzy* segitiga. Selanjutnya dihitung nilai *fuzzy synthetic extent* untuk memperoleh bobot sementara dalam bentuk *fuzzy*. Agar bobot tersebut bisa digunakan dalam proses penilaian alternatif, dilakukan tahap defuzzifikasi untuk mendapatkan bobot akhir dalam bentuk yang *crisp*. Bobot *crisp* hasil F-AHP kemudian digunakan dalam metode MOORA yang dikembangkan oleh Brauers dan Zavadskas. Pada tahap ini dilakukan normalisasi matriks keputusan dan pembentukan matriks terbobot. Nilai preferensi akhir dihitung dengan membedakan kriteria bertipe *benefit* dan *cost*, sehingga diperoleh urutan alternatif berdasarkan nilai optimasi tertinggi. Dengan demikian, peran utama *fuzzy* dalam integrasi ini terletak pada proses pembobotan yang lebih representatif terhadap ketidakpastian, sebelum dilakukan optimasi kuantitatif menggunakan MOORA. Melalui pendekatan ini, perankingan alternatif tidak hanya didasarkan pada perhitungan matematis, tetapi juga mempertimbangkan fleksibilitas dalam representasi penilaian awal, sehingga hasil keputusan menjadi lebih rasional dan adaptif terhadap kondisi yang tidak pasti.

2.3.1 *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

Tahun 1970 Thomas L. Saaty mencetus sebuah metode yang dikenal dengan *Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Dalam sistem pengambilan keputusan, terdapat salah satu pendekatan yang sering diterapkan ialah AHP sebab melibatkan penilaian subjektif dari pembuat keputusan (Saputra dkk., 2018). Konsep dasar AHP adalah untuk membantu pengambilan keputusan dalam mengatasi masalah pengambilan keputusan multiatribut yang kompleks dengan menguraikan hierarki kriteria dan alternatif menjadi tingkat yang lebih rendah (Fajri dkk., 2018). Metode ini memungkinkan pengambil keputusan untuk mengukur preferensi dengan menggunakan matriks perbandingan berpasangan yang diterapkan sebagai menyusun prioritas, kemudian akan dikembangkan menjadi urutan perangsangan atau alternatif dengan tingkat kepentingan secara (Fajri dkk., 2018). Berdasarkan penelitian (Rahmansyah & Lusinia, 2016) dalam AHP, terdapat tiga prinsip yang dijadikan pedoman untuk memecahkan masalah, yaitu:

1. Dekomposisi (*Decomposition*)

Decomposition berarti proses pemecahan masalah yang lengkap kedalam bentuk unsur-unsurnya. Untuk mendapatkan hasil yang tepat, setiap bagian tersebut harus diproses sampai tidak bisa dibagi lagi. Proses tersebut akan memunculkan beberapa tingkat dalam suatu masalah, proses ini disebut hierarki.

2. Penilaian Komparasi (*Comparative Judgment*)

Prinsip ini membantu menilai seberapa penting suatu elemen dibandingkan elemen lainnya pada tingkat tertentu, yang terkait dengan tingkat di atasnya.

Penilaian tersebut sangat penting dalam AHP akibatnya berpengaruh pada prioritas setiap elemen. Penilaian tersebut akan menghasilkan lebih akurat jika ditampilkan dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan.

3. Penentuan Prioritas (*Synthesis of Priority*)

Nilai matriks perbandingan berpasangan dapat menghasilkan *eigenvector* yang digunakan dalam menentukan prioritas. Oleh sebab itu, matriks ini terdapat pada setiap tingkat, dengan menggabungkan prioritas tersebut dapat diperoleh prioritas global.

Langkah pertama dalam metode AHP adalah merumuskan masalah dan menyusunnya ke dalam bentuk hierarki agar menjadi lebih sederhana. Hierarki ini berarti urutan masalah yang diselesaikan berdasarkan kriteria atau komponen-komponen pendukung untuk mencapai tujuan (Umar dkk., 2024). Dengan memecah masalah ke dalam hierarki, persoalan yang awal mulanya rumit akan lebih teratur dan sistematis, sehingga lebih mudah untuk diperbaiki. Metode ini tetap menghadapi kritik, terutama terkait skala penilaian dalam matriks perbandingan berpasangan (Umar dkk., 2024). Hal ini disebabkan skala AHP yang menggunakan bilangan tegas dianggap tidak seimbang dan tidak cukup manpu dalam mengakomodasi ketidakpastian. Sehingga AHP memiliki beberapa kelebihan diantaranya (Rahmansyah & Lusinia, 2016):

1. AHP mengganti permasalahan yang luas dan kurang terstruktur menjadi model lebih teratur serta mudah dipahami.
2. AHP menyelesaikan masalah kompleks dengan pendekatan sistematis dan integrasi secara deduktif.

3. AHP dapat diterapkan pada elemen-elemen dalam sistem yang tidak saling berkaitan dan tidak memerlukan hubungan yang lurus.
4. AHP mempertimbangkan konsistensi logika dalam penilaian yang dipakai untuk menetapkan prioritas.

AHP mampu mendukung dalam menyaring definisi suatu permasalahan serta mengembangkan nilai dan pemahaman melalui proses pengulangan. Sedangkan kelemahan AHP di antaranya (Rahmansyah & Lusinia, 2016):

1. Pendekatan AHP sangat bergantung pada *input* utamanya, yaitu persepsi dari seorang pakar, karena itu, unsur subjektivitas ahli ikut berperan dalam prosesnya. Jika evaluasi yang diberikan oleh pakar tidak valid atau salah, maka model yang diberikan akan menjadi tidak relevan atau bahkan tidak berarti.
2. AHP adalah pendekatan matematis yang tidak dilengkapi dengan uji statistik, sehingga tidak ada batas ukuran terhadap kebenaran model yang dihasilkan.

Langkah-langkah penyelesaian masalah dengan metode AHP adalah sebagai berikut (Rezki dkk., 2023):

1. Menentukan hierarki permasalahan

Merupakan langkah penyederhanaan masalah ke dalam bentuk hierarki dari tingkat tujuan utama menuju kriteria dan alternatif keputusan, dimana bagian paling atas merupakan tujuan yang ingin dicapai, diikuti oleh kriteria sebagai dasar penilaian, serta alternatif sebagai pilihan keputusan (Utami dkk., 2016).

2. Menentukan prioritas (matriks perbandingan berpasangan)

Tahap ini adalah membandingkan dua elemen yang sama tingkatnya secara berpasangan. Kedua elemen tersebut dibandingkan dengan mempertimbangkan seberapa penting elemen satu terhadap elemen lainnya. Setiap elemen atau kriteria dibandingkan dengan semua kriteria yang lainnya (Utami dkk., 2016).

$$A = [a_{ij}]$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{13} & \cdots & a_{15} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \cdots & a_{33} & \cdots & a_{35} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mi} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Keterangan:

- a_{ij} : Tingkat kepentingan kriteria ke- i terhadap kriteria ke- j .
- n : Jumlah kolom.
- m : Jumlah baris sehingga matriks berukuran $m \times n$.

3. Menghitung rata-rata geometrik

Setelah matriks perbandingan diperoleh, dilakukan perhitungan rata-rata geometrik untuk setiap baris matriks. Rata-rata geometrik digunakan sebagai pendekatan untuk memperoleh nilai eigen. Rumus yang digunakan yaitu:

$$GM_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}} \quad (2.4)$$

atau

$$GM_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

- GM_i : Nilai rata-rata geometrik kriteria ke- i .
 a_{ij} : Nilai perbandingan antara elemen i dan j .
 n : Jumlah kriteria.

4. Normalisasi bobot

Nilai rata-rata geometrik yang diperoleh kemudian dinormalisasi agar jumlah seluruh bobot sama dengan satu. Normalisasi dilakukan dengan rumus:

$$w_i = \frac{GM_i}{\sum_{i=1}^n GM_i} \quad (2.6)$$

Hasil dari tahap ini adalah vektor bobot prioritas:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (2.7)$$

Bobot ini disebut sebagai *local priority*, yaitu tingkat kepentingan relatif setiap kriteria terhadap tujuan.

Keterangan:

- w_i : Bobot prioritas keiteria ke- i .
 GM_i : Nilai rata-rata geometrik kriteria ke- i .
 $\sum_{i=1}^n GM_i$: Jumlah seluruh nilai rata-rata geometrik.

5. Melakukan sintesis prioritas (*global priority*)

Apabila struktur hierarki terdiri dari lebih dari satu level (misalnya kriteria dan subkriteria), maka dilakukan sintesis prioritas untuk memperoleh bobot

global. Sintesis dilakukan dengan mengalikan bobot pada level atas dengan bobot pada level di bawahnya.

$$Global Priority = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n \quad (2.8)$$

Namun dalam penelitian ini, apabila hanya terdapat satu level kriteria tanpa alternatif, maka bobot w_i yang diperoleh langsung digunakan sebagai bobot akhir tanpa sintesis antar level.

Keterangan:

- w_i : Bobot pada level atas (kriteeria).
 x_i : Bobot pada level bawah (alternatif).
 n : Jumlah elemen.

6. Menghitung *consistency index* (CI)

Menghitung nilai eigen maksimum

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW^*)_i}{w_i} \quad (2.9)$$

Setelah itu hitung indeks konsistensi:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.10)$$

Keterangan:

- A : Matriks perbandingan berpasangan.
 W^* : Vektor bobot prioritas.
 $(AW^*)_i$: Elemen ke- i dari hasil perkalian matriks A .
dengan vektor bobot W .
 λ_{max} : Nilai eigen maksimum.
 n : Ukuran matriks (jumlah kriteria).
 CI : Indeks konsisten.

7. Menghitung *consistency ratio* (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.11)$$

Keterangan:

CR : *Consistency ratio*.

CI : *Consistency index*.

RI : Random index, yaitu nilai acak rata-rata berdasarkan ukuran matriks n .

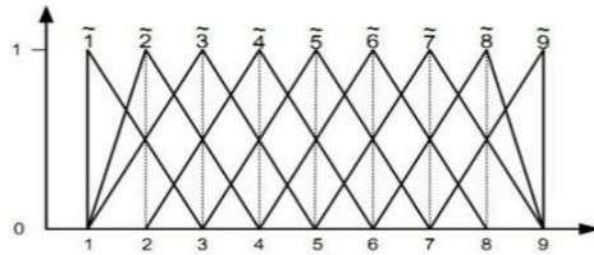
8. Memeriksa konsistensi hierarki

Berdasarkan tabel *ratio index*, jika $CR \leq 0,1$ maka matriks konsisten atau bisa dinyatakan benar, tetapi jika $CR > 0,1$ maka matriks tidak konsisten.

2.3.2 *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (F-AHP)

Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) yaitu penjabaran dari metode AHP dengan pendekatan *fuzzy* dengan menggunakan metode analitik (Saputra dkk., 2018). Dengan ini untuk mengatasi kelemahan dari AHP maka dikembangkanlah metode F-AHP untuk menangani ketidakmampuan metode AHP dalam persoalan terkait kriteria yang subjektif dalam penyusunan matriks perbandingan berpasangan (Saputra dkk., 2018). Dalam F-AHP, ketidakpastian angka digambarkan melalui skala tertentu dengan menentukan derajat keanggotaan dengan menerapkan fungsi keanggotaan segitiga (*Triangular Fuzzy Number/TFN*). Fungsi segitiga ini terbentuk dari gabungan dua garis lurus (linear) (Fajri dkk., 2018). Sehingga metode ini berbeda dengan AHP karena pada implementasi penilaian pada matriks perbandingan berpasangan, karena pada F-AHP setiap kriteria menggunakan tiga variabel yaitu (l, m, u) . Langkah-langkah metode F-AHP sebagai berikut (Gde dkk., 2016):

1. Menyusun struktur hierarki dari permasalahan serta menetapkan nilai pada matriks perbandingan berpasangan antar kriteria menggunakan skala TFN. Skala fuzzifikasi perbandingan kepentingan antara dua kriteria dapat digambarkan dalam bentuk grafik berikut:



Gambar 2.2 Grafik Fuzzifikasi Skala F-AHP

2. Menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i)

Tahap perhitungan *fuzzy synthetic extent* bertujuan untuk mengetahui tingkat kepentingan setiap kriteria dalam bentuk bilangan *fuzzy*. Perhitungannya menggunakan rumus berikut:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1} \quad (2.12)$$

dengan

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j ; \sum_{j=1}^m m_j ; \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (2.13)$$

Di mana $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ merupakan penjumlahan baris pada matriks berpasangan.

Sedangkan untuk memperoleh nilai $\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1}$ dilakukan operasi penjumlahan untuk keseluruhan TFN $M_{gi}^j (j = 1, 2, \dots, m)$ yaitu:

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right) = \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij} ; \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_{ij} ; \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_{ij} \right) \quad (2.14)$$

Jadi

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_{ij}} ; \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_{ij}} ; \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij}} \right) \quad (2.15)$$

Keterangan:

- S_i : Nilai *fuzzy synthrtic extent* untuk kriteria ke- i .
- M_{gi}^j : Nilai perbandingan *fuzzy* (TFN) antara kriteria ke- i dengan kriteria ke- j .
- i : Indeks baris.
- j : Indeks kolom
- l : Batas bawah.
- m : Nilai tengah.
- u : Batas atas.
- n : Jumlah kriteria.
- m : Jumlah elemen dalam satu baris (dalam AHP, biasanya $m = n$).

3. Penentuan Bobot Akhir

Dalam metode extent analysis, terdapat beberapa pendekatan untuk memperoleh bobot akhir dari nilai S_i .

a. Pendekatan Derajat Kemungkinan

Menghitung perbandingan tingkat kemungkinan antara bilangan *fuzzy*.

Untuk dua bilangan *fuzzy* $S_1 = (l_1, m_1, u_1)$ dan $S_2 = (l_2, m_2, u_2)$ dengan tingkat kemungkinan ($S_1 \geq S_2$) maka akan didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$V(S_1 \geq S_2) = \begin{cases} 1, & m_1 \geq m_2 \\ 0, & l_2 \geq u_1 \\ \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)}, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.16)$$

Menghitung tingkat kemungkinan untuk bilangan *fuzzy*.

Tingkat kemungkinan bilangan *fuzzy* didefinisikan sebagai berikut:

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (2.17)$$

Untuk $k = 1, 2, \dots, n ; k \neq i$, maka diperoleh nilai vektor bobot seperti,

$$W' = \begin{pmatrix} d'(A_1) \\ d'(A_2) \\ \vdots \\ d'(A_n) \end{pmatrix} \quad (2.18)$$

Di mana $A_i = 1, 2, \dots, n$ adalah vektor *fuzzy* (W').

Keterangan:

$d'(A_i)$: Nilai minimum derajat kemungkinan untuk kriteria ke- i .

A_i : Kriteria ke- i .

S_i : Nilai *synthrtic extent* untuk kriteria ke- i .

S_k : Nilai *synthrtic extent* untuk kriteria pembandingan.

W' : Vektor bobot sebelum normalisasi.

Melakukan normalisasi vektor bobot.

Vektor bobot yang masih dalam bentuk bilangan *fuzzy* selanjutnya akan dinormalisasi dengan menggunakan rumus berikut:

$$d(A_i) = \frac{d'(A_i)}{\sum_{i=1}^n d'(A_i)} \quad (2.19)$$

untuk $i = 1, 2, \dots, n$

Setelah dilakukan normalisasi maka nilai bobot vektor yang ternormalisasi adalah seperti,

$$W = \begin{pmatrix} d(A_1) \\ d(A_2) \\ \vdots \\ \vdots \\ d(A_5) \end{pmatrix} \quad (2.20)$$

Keterangan:

$d(A_i)$: Bobot akhir kriteria ke- i .

$\sum_{i=1}^n d'(A_i)$: Jumlah seluruh nilai minimum derajat kemungkinan.

n : Jumlah kriteria.

W : Vektor bobot akhir kriteria.

b. Pendekatan Defuzzifikasi

Selain menggunakan pendekatan derajat kemungkinan, penentuan bobot pada metode F-AHP juga dapat dilakukan melalui proses defuzzifikasi terhadap nilai *fuzzy synthetic extent*. Pendekatan ini dijelaskan dalam penelitian Ahmed & Kilic, (2016) yang membandingkan metode *extent analysis* dengan pendekatan *eigenvector* klasik, di mana nilai *fuzzy* dapat dikonversi menjadi nilai *crisp* sebelum proses normalisasi dilakukan. Defuzzifikasi bertujuan untuk mengubah bilangan *fuzzy* berbentuk TFN (l_i, m_i, u_i) menjadi nilai tunggal (*crisp*) sehingga dapat digunakan dalam proses perankingan. Berikut rumus defuzzifikasi,

$$C_i = \frac{l_i + m_i + u_i}{3} \quad (2.21)$$

Setelah itu nilai *crisp* yang diperoleh kemudian di normalisasikan untuk mendapatkan bobot akhir, dengan menggunakan rumus berikut:

$$W_i = \frac{C_i}{\sum_{k=1}^n C_k} \quad (2.22)$$

Keterangan:

- C_i : Bobot crisp hasil defuzzifikasi kriteria ke- i .
- l_i, m_i, u_i : Nilai batas bawah, tengah, dan atas dari bobot *fuzzy* i .
- W_i : Bobot akhir kriteria ke- i dalam bentuk *crisp*.
- $\sum_{k=1}^n C_k$: Jumlah total nilai *crisp* dari seluruh kriteria.

2.3.3 Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA)

Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA) merupakan sistem yang bisa digunakan untuk mengoptimalkan multi objektif hal yang bersifat kontradiktif (Murtadho & Sulastri, 2023). Metode tersebut diterapkan untuk menyelesaikan persoalan yang melibatkan perhitungan matematis yang kompleks (Shabrina & Sinaga, 2021). Teknik optimasi multi objektif yang bisa digunakan dengan berhasil untuk menyelesaikan berbagai jenis masalah pengambilan keputusan yang kompleks dalam proses membuat keputusan. Pendekatan MOORA mudah dipahami dan mudah diaplikasikan dalam proses penyelesaian masalah hingga evaluasi bobot kriteria keputusan (Murtadho & Sulastri, 2023). Metode ini mampu membedakan antara tujuan yang bernilai positif (*benefit*) dan tujuan yang bersifat negatif (*cost*), sehingga mempermudah proses pengambilan keputusan (Rohman dkk., 2023). Berikut langkah-langkah untuk menyelesaikan metode MOORA sebagai berikut (Hutabarat & Hutasuhut, 2025).

1. Metode MOORA diawali dengan membuat matriks keputusan

$$X = [x_{ij}]_{m \times n}$$

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1i} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{jn} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mi} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

Di mana $i = 1, \dots, m$ dan $j = 1, \dots, n$

Keterangan

x_{ij} : Nilai kinerja alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j .

m : Jumlah alternatif.

n : Jumlah kriteria.

2. Matriks Normalisasi

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2.24)$$

Keterangan:

z_{ij} : Nilai normalisasi alternatif i pada kriteria j .

$\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}$: Akar dari jumlah kuadrat semua alternatif pada kriteria j .

3. Membentuk matriks terbobot

$$y_{ij} = W_i \times z_{ij} \quad (2.25)$$

Keterangan:

y_{ij} : Nilai terbobot alternatif ke- i pada kriteria ke- j .

W_i : Bobot *crisp* kriteria ke- j (hasil F-AHP).

4. Menghitung nilai optimasi

a. Jika semua kriteria *benefit*:

$$P_i = \sum_{j=1}^n y_{ij} \quad (2.26)$$

b. Jika ada *benefit* dan *cost*:

$$P_i = \sum_{j \in B} y_{ij} - \sum_{j \in C} y_{ij} \quad (2.27)$$

Keterangan

P_i : Nilai preferensi alternatif ke- i .

B : Himpunan kriteria *benefit*.

C : Himpunan kriteria *cost*.

5. Perangkingan

Menetapkan hasil perhitungan dengan cara mengurutkan nilai-nilai yang diperoleh melalui metode MOORA. Hasil akhir perhitungannya adalah menampilkan hasil perangkingan P_i . Dimana, alternatif terbaik memiliki nilai P_i tertinggi, sedangkan alternatif dengan peringkat terendah memiliki nilai P_i yang paling rendah.

2.3.4 Matriks Terbobot

Matriks terbobot adalah integrasi antara metode F-AHP dengan MOORA. Dalam metode MOORA, nilai normalisasi kinerja alternatif hanya digunakan langsung dalam perhitungan preferensi. Namun, dalam penelitian ini dilakukan perubahan dengan menambahkan bobot hasil F-AHP ke dalam matriks normalisasi MOORA. Dengan begitu, setiap kriteria tidak lagi dianggap memiliki bobot yang sama, melainkan memiliki pengaruh sesuai dengan tingkat

kepentingannya. Dalam tahap ini, hasil perhitungan MOORA menjadi lebih adil dan konsisten karena memperhitungkan prioritas kriteria berdasarkan bobot yang telah dihitung menggunakan metode *fuzzy*.

Menurut (Shabrina & Sinaga, 2021), penggunaan bobot dalam metode MOORA dapat meningkatkan kualitas hasil pengambilan keputusan karena memberikan proporsi yang tepat bagi setiap kriteria. Dalam penelitian (Albeni, 2019) juga menegaskan bahwa F-AHP menghasilkan bobot yang lebih akurat pada kondisi penuh ketidakpastian sehingga layak digunakan dalam sistem pengambilan keputusan yang kompleks. Dengan demikian, integrasi melalui matriks terbobot memberikan keunggulan dalam menentukan prioritas alternatif, khususnya ketika keputusan dipengaruhi oleh banyak faktor yang memiliki tingkat kepentingan berbeda.

2.4 Tenaga Kesehatan

Tenaga kesehatan merupakan seseorang yang mempunyai wawasan serta keahlian yang diperoleh dari pendidikan kesehatan, serta mengabdikan diri untuk bekerja dalam bidang tersebut (Gani dkk., 2023). Beberapa jenis tenaga kesehatan diberi izin untuk langsung memberikan layanan kesehatan kepada masyarakat. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2014 tentang Tenaga Kesehatan, jenis-jenis tenaga kesehatan meliputi tenaga medis, perawat, bidan, apoteker, kesehatan masyarakat, gizi, fisioterapi, teknis medis, serta tenaga kesehatan lainnya. Mereka melakukan tugas penting pada layanan di bidang kesehatan tidak hanya sebagai pelaksana tindakan kuratif (mengobati penyakit), tetapi juga promotif (meningkatkan kesadaran kesehatan), preventif (mencegah penyakit), dan rehabilitatif (Sukowati & Shinta, 2021). Untuk memberikan

pelayanan kesehatan yang optimal kepada masyarakat, tenaga kesehatan memegang peran yang sangat penting. Dengan demikian, masyarakat terdorong untuk lebih sadar, termotivasi, dan terampil untuk menerapkan pola hidup sehat. Hal ini dapat membantu masyarakat mencapai kondisi kesehatan yang semakin tinggi, sebagai bekal dalam membangun sumber daya manusia yang berkualitas dan berkontribusi di bidang sosial serta ekonomi (Susanti dkk., 2024).

2.4.1 Peran dan Jenis Tenaga Kesehatan

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2014 tentang Tenaga Kesehatan, jenis-jenis tenaga kesehatan meliputi tenaga medis, perawat, bidan, apoteker, kesehatan masyarakat, gizi, fisioterapi, teknis medis, serta tenaga kesehatan lainnya sesuai dengan kompetensi dan kewenangannya. Setiap jenis tenaga kesehatan memiliki tugas dan tanggung jawab berdasarkan latar belakang pendidikan serta kemampuan yang dimilikinya. Berdasarkan penelitian (Susanti dkk., 2024) peran pertama tenaga kesehatan sebagai komunikator adalah memberikan informasi dengan jelas dan mudah dipahami kepada pasien. Peran kedua sebagai motivator adalah membantu, mengingatkan, dan mengarahkan kelompok dalam mengidentifikasi masalah yang muncul serta mengembangkan potensi mereka untuk menyelesaikan masalah tersebut. Peran ketiga tentang fasilitator yaitu mempermudah orang lain dengan menyediakan fasilitas dan sarana bagi mereka yang membutuhkan.

Peran keempat tentang konselor adalah membantu orang lain dengan memahami fakta, kebutuhan, harapan, serta perasaan klien, maka seseorang dapat membantu pengambilan keputusan maupun menyelesaikan masalah. Tenaga kesehatan yang bertugas di Puskesmas harus memiliki kewajiban dan wewenang

yang sesuai dengan latar belakang pendidikan serta keterampilannya. Faktor pendukung dalam menjalankan pekerjaan juga sangat penting untuk meningkatkan efektivitas kerja mereka, seperti tugas utama, tugas tambahan, tingkat pendidikan, keterampilan, dan fasilitas yang dimiliki (Handayani dkk., 2010). Selain itu, tenaga kesehatan sering dianggap sebagai contoh yang baik dalam masyarakat sebagai teladan dalam menjalani gaya hidup sehat, seperti mengkonsumsi makanan bergizi, aktif berolahraga, dan menjaga kebersihan diri. Kepuasan dan produktivitas tenaga kesehatan juga dipengaruhi oleh etika dan perilaku pribadi mereka, yang pada gilirannya memengaruhi tingkat kepercayaan masyarakat terhadap mereka (Arundina dkk., 2018).

2.4.2 Kebutuhan dan Distribusi Tenaga Kesehatan

Kebutuhan tenaga kesehatan adalah faktor penting dalam pembangunan kesehatan karena mereka bertugas langsung dalam upaya mencegah, mengobati, dan memulihkan kesehatan masyarakat (Octaviani dkk., 2024). Menurut Kementerian Kesehatan Indonesia, kebutuhan tenaga kesehatan bisa diukur melalui berbagai indikator, seperti perbandingan kebutuhan tenaga kesehatan dengan jumlah penduduk, kebutuhan tenaga kesehatan di setiap fasilitas kesehatan, serta ketersediaan tenaga berdasarkan jenis kompetensi yang dibutuhkan. Berdasarkan Kementrian Kesehatan RI (2022) indikator ini digunakan dalam Profil Kesehatan Indonesia untuk mengevaluasi keberadaan sumber daya manusia di bidang kesehatan baik di tingkat nasional maupun daerah. Perencanaan kebutuhan tenaga kesehatan harus dilakukan dengan cara yang sistematis agar bisa sesuai antara kebutuhan tenaga kesehatan yang ada dengan kebutuhan pelayanan kesehatan bagi masyarakat (Purwaningsih, 2023).

Perencanaan kebutuhan tenaga kesehatan yang tidak tepat bisa membuat sistem kesehatan semakin lemah dalam mengatasi masalah kesehatan, baik dalam situasi biasa maupun saat terjadi krisis. Dengan demikian, analisis kebutuhan tenaga kesehatan menjadi dasar penting dalam membuat keputusan terkait kebijakan kesehatan (Purwaningsih, 2023).

Selain menggunakan indikator yang mengukur perbandingan antara kebutuhan tenaga kesehatan dengan penduduk, cara lain yang sering digunakan dalam merencanakan kebutuhan tenaga kesehatan adalah pendekatan berdasarkan beban kerja. Pendekatan ini menekankan bahwa kebutuhan tenaga kesehatan yang dibutuhkan tidak hanya bergantung pada jumlah penduduk, tetapi juga pada tingkat dan jenis layanan kesehatan yang diberikan (Alam dkk., 2018). Selain berdasarkan kebutuhan, masalah dalam pemerataan pelayanan kesehatan juga terjadi karena distribusi tenaga kesehatan yang tidak merata. Hal ini menyebabkan ketimpangan akses terhadap layanan kesehatan, di mana para tenaga kesehatan lebih banyak berada di daerah tertentu, sedangkan daerah-daerah terpencil masih mengalami kekurangan tenaga kesehatan (B dkk., 2020). Retensi tenaga kesehatan di daerah terpencil rendah karena fasilitas yang tidak memadai, beban kerja yang berat, dan kurangnya dukungan dari lingkungan kerja. Hal tersebut membuat para tenaga kesehatan tidak ingin tinggal lama di daerah yang memiliki sumber daya terbatas (Naradhipa & Wasir, 2025).

Perencanaan kebutuhan serta penyebaran tenaga kesehatan harus dilakukan secara bersamaan agar dapat mengurangi kesenjangan dan meningkatkan pelayanan kesehatan yang merata. Perencanaan yang baik harus memperhatikan kebutuhan, jenis, dan lokasi tenaga kesehatan sesuai dengan kebutuhan setiap

wilayah (Santosa, 2015). Oleh karena itu, kebutuhan dan penyebaran tenaga kesehatan merupakan dua aspek yang saling terkait dan harus diperhatikan sekaligus agar dapat memberikan pelayanan kesehatan yang adil, merata, dan berkelanjutan.

2.4.3 Prioritas Kebutuhan Tenaga Kesehatan

Prioritas kebutuhan tenaga kesehatan termasuk dalam perencanaan sumber daya manusia di bidang kesehatan, yang bertujuan untuk mengetahui jenis tenaga kesehatan yang lebih penting diutamakan sesuai dengan tingkat kebutuhan pelayanan kesehatan di suatu wilayah. Penentuan prioritas ini penting karena kebutuhan tenaga kesehatan yang terbatas dan perbedaan penyebaran layanan di berbagai wilayah, sehingga tidak semua kebutuhan bisa terpenuhi sekaligus. Perencanaan kebutuhan tenaga kesehatan dilakukan agar sesuai antara tenaga yang ada dengan kebutuhan pelayanan kesehatan bagi masyarakat. Perencanaan tersebut biasanya melihat kondisi daerah, kebutuhan tenaga medis yang ada, serta kebutuhan layanan kesehatan yang perlu terpenuhi (Octaviani dkk., 2024). Dengan merencanakan secara teratur, dapat terlihat adanya ketidakseimbangan kebutuhan tenaga kesehatan, baik kekurangan maupun kelebihan, sehingga bisa menjadi acuan dalam menentukan urutan penambahan tenaga kesehatan yang dibutuhkan (Octaviani dkk., 2024).

Selain itu, analisis kebutuhan tenaga kesehatan juga digunakan sebagai dasar dalam menyusun kebijakan untuk mengatasi masalah kurangnya kebutuhan tenaga kesehatan dan ketidakseimbangan dalam penyebarannya (Aditya dkk., 2025). Dengan menentukan prioritas, pemerintah atau pihak yang mengambil keputusan bisa mengambil langkah strategis dalam menambah atau

mendistribusikan tenaga kesehatan sesuai kebutuhan setiap daerah (Aditya dkk., 2025). Dengan demikian, kebutuhan tenaga kesehatan menjadi hal penting dalam merencanakan pelayanan kesehatan yang efektif, terarah, dan bisa terus berlanjut. Dalam penelitian ini, konsep prioritas kebutuhan tenaga kesehatan digunakan sebagai dasar dalam mengambil keputusan untuk menentukan urutan kebutuhan tenaga kesehatan secara sistematis dan terukur.

2.5 Perhatian Islam terhadap Masalah Kesehatan

Dalam agama Islam, menghargai kehidupan manusia adalah nilai penting yang tidak bisa diabaikan. Pada Al-Qur'an dalam Q.S Al-Maidah ayat 32 menegaskan bahwa:

مِنْ أَجْلِ ذَلِكَ كَتَبْنَا عَلَىٰ بَنِي إِسْرَائِيلَ أَنَّهُ ۖ مَنْ قَتَلَ نَفْسًا ۖ بِغَيْرِ نَفْسٍ أَوْ فَسَادٍ فِي الْأَرْضِ فَكَأَنَّمَا قَتَلَ
النَّاسَ جَمِيعًا ۖ وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعًا ۗ وَلَقَدْ جَاءَهُمْ رَسُولُنَا بِالْبَيِّنَاتِ ثُمَّ إِنَّ كَثِيرًا مِّنْهُمْ بَعَدَ
ذَلِكَ فِي الْأَرْضِ لَمُتْرِفُونَ ﴿٣٢﴾

“Barangsiapa yang membunuh seorang manusia, bukan karena orang itu (membunuh) orang lain, atau bukan karena membuat kerusakan dimuka bumi, maka seakan-akan dia telah membunuh manusia seluruhnya. Dan barangsiapa yang memelihara kehidupan seorang manusia, maka seolah-olah dia telah memelihara kehidupan manusia semuanya. Dan sesungguhnya telah datang kepada mereka rasul-rasul Kami dengan (membawa) keterangan-keterangan yang jelas, kemudian banyak diantara mereka sesudah itu sungguh-sungguh melampaui batas dalam berbuat kerusakan dimuka bumi.” (Q.s Al-Maidah:32).

Pada ayat ini menekankan bahwa pentingnya menyelamatkan nyawa manusia sebagai suatu tindakan yang memiliki nilai kemanusiaan serta nilai spiritual dengan mengutamakan kesejahteraan pasien sebagai pusat dari semua proses layanan kesehatan (Kurnia dkk., 2025). Dengan demikian, profesi tenaga kesehatan yang secara langsung berperan dalam penyembuhan, pencegahan penyakit, dan penyelamatan jiwa memiliki kedudukan mulia di sisi Allah SWT. Penelitian

kontemporer juga memahami Q.S Al-Maidah 5:32 dengan menggunakan pendekatan *maqāṣid al-sharī'ah*, yaitu tujuan-tujuan utama dari hukum Islam yang ditujukan untuk menjaga kebaikan dan kemaslahatan manusia. Salah satu tujuan utamanya adalah *ḥifẓ al-nafs*, yang berarti melindungi jiwa atau berusaha menjaga kehidupan manusia agar tetap aman dari ancaman, bahaya, atau ketidakadilan (Kurnia dkk., 2025). Penafsiran ini digunakan untuk menyelaraskan prinsip-prinsip etika dalam dunia kedokteran modern, seperti otonomi yang memberikan hak pasien untuk memutuskan sendiri tentang perawatan yang diterimanya, serta keadilan dalam memberikan layanan yang adil dan setara, dengan nilai-nilai keagamaan Islam yang menjunjung tinggi keselamatan hidup dan kesejahteraan masyarakat (Kurnia dkk., 2025). Menurut (Suhaimi dkk., 2023) terdapat lima unsur pokok *maqāṣid al-sharī'ah* diantaranya:

1. Memelihara agama (*ḥifẓ al-Din*)

Agama adalah salah satu hak asasi manusia yang fundamental karena terkait dengan keimanan, karakteristik sebagai hamba Allah SWT selain itu juga menentukan kehidupan di akhirat, yaitu di surga atau neraka. Dengan demikian, untuk menjaga agamanya syari'at Islam mengajarkan agar setiap muslim saling menolong dan bersama-sama menjalankan ajaran agama secara utuh, dengan menaati semua perintah Allah dan menjauhi larangan-Nya. Selain itu, seorang muslim juga dituntut harus untuk menjaga diri dari hal-hal yang bisa merusak keimanan, sekaligus dianjurkan untuk memperbanyak beramal kebaikan agar mendapatkan ridha Allah SWT. Untuk menegakkan agama, manusia wajib beriman kepada Allah, Rasul, Kitab suci, malaikat, hari akhir,

mengucapkan dua kalimah syahadat, serta melaksanakan ibadah-ibadah pokok lainnya.

2. Memelihara jiwa (*hifzh al-nafs*)

Perlindungan jiwa menyangkut langsung eksistensi seseorang, kelangsungan hidup, kebebasan, jiwa, kesehatan, serta kebutuhan biologis dan psikologis sebagai manusia. Maka dari itu, syariat Islam melarang perbuatan seperti bunuh diri, membunuh orang lain, menghina, memaksa kehendak, menyakiti baik secara fisik maupun batin, menuduh tanpa bukti, menyebarkan fitnah hingga merendahkan orang lain. Agar keberadaan jiwa yang diberikan oleh Allah dapat terjaga, menurut Amir Syarifuddin, manusia harus melakukan berbagai hal seperti makan, minum, menutup aurat, serta menjaga diri dari terjadinya penyakit.

3. Memelihara akal (*hifzh al-'Aql*)

Perlindungan akal mencakup upaya menjaga kesehatan pikiran, kebebasan berpikir, kecerdasan, kemampuan bernalar dengan benar, serta menciptakan gagasan baru. Akal budi adalah sesuatu yang diberikan oleh Tuhan, yang membuat manusia berbeda dari makhluk lain seperti binatang. Jika manusia tanpa akal dan budi pekerti, kedudukannya akan sama dengan binatang. Untuk melindungi akal, syariat Islam memerintahkan manusia agar selalu berfikir dan memiliki jiwa yang besar, berfikir positif, serta berfikir tentang alam semesta demi kemajuan, kesejahteraan, dan peradaban. Selain itu, syariat Islam juga melarang mengonsumsi makanan dan minuman yang tergolong hukumnya haram, berfikir negatif yang dipengaruhi oleh kekuasaan hawa nafsu, serta berfikir yang berujung pada kejahatan.

4. Memelihara keturunan (*hifzh al-nasl*)

Agar manusia dapat terus hidup, diperlukan adanya keturunan yang sah dan jelas berdasarkan hukum dan agama. Untuk tujuan itu, Allah memberikan nafsu syahwat kepada makhluk hidup, sebagai dorongan melakukan hubungan seksual. Jika hubungan tersebut dilakukan secara sah, maka itu termasuk baik. Oleh karena itu, Nabi sangat melarang sikap hidup membujang atau *tabattul*, karena akan menyebabkan tidak adanya keturunan. Islam juga melarang zina, karena perbuatan tersebut dianggap dosa besar dan bisa merusak kehidupan sosial, membingungkan urutan keturunan, serta membawa musibah. Upaya menjaga keturunan sendiri terbagi menjadi beberapa tingkatan, memelihara keturunan dalam tingkatan *dharûriyyât*, memelihara keturunan dalam tingkatan *hâjjiyât*, dan memelihara keturunan dalam tingkatan *tahsîniyyât*.

5. Memelihara harta (*hifzh al-mal*)

Untuk dapat bertahan hidup, manusia membutuhkan pemenuhan kebutuhan dasar seperti makan, minum, dan pakaian. Sebab itu, manusia memerlukan harta yang akan menjadi sesuatu yang penting dan harus diperoleh dengan secara halal dan baik. Semua perbuatan untuk mencari rezeki yang halal dan baik dipandang sebagai amal kebaikan yang diperintahkan oleh syari'at. Banyak ayat dalam Al-Qur'an juga mendorong manusia untuk bekerja dan mencari rezeki. Dapat dilihat dari tingkat kepentingannya, memelihara harta bisa dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu memelihara harta dalam tingkatan *dharûriyyât*, memelihara harta dalam tingkatan *hâjjiyât*, dan memelihara harta dalam tingkatan *tahsîniyyât*.

Dengan demikian, Islam menempatkan tenaga kesehatan pada posisi yang sangat mulia karena perannya dalam menyelamatkan jiwa, sebagaimana ditegaskan dalam Q.S. Al-Maidah ayat 32. Hal ini sejalan dengan *maqāṣid al-sharī'ah*, khususnya *hifz al-nafs* (menjaga jiwa), serta berkaitan dengan dimensi lainnya seperti menjaga agama, akal, keturunan, dan harta. Dengan demikian, keberadaan tenaga kesehatan yang adil dan merata merupakan wujud nyata implementasi nilai keadilan dan kemaslahatan dalam Islam.

2.6 Kajian Topik dengan Teori Pendukung

Kajian teori yang mendukung penelitian ini berfokus pada kombinasi metode F-AHP dan MOORA sebagai pendekatan kuantitatif dalam pengambilan keputusan yang kompleks. Kedua metode ini memiliki landasan matematis yang kuat serta banyak digunakan dalam penelitian manajemen, kesehatan, dan kebijakan publik. Metode F-AHP merupakan pengembangan dari AHP, dalam AHP bobot kriteria ditentukan melalui matriks perbandingan berpasangan. Namun, penilaian manusia seringkali bersifat subjektif dan mengandung ketidakpastian sehingga penilaian ini dapat direpresentasikan dengan menggunakan TFN. Hal ini menjadikan F-AHP lebih fleksibel dalam menangkap keraguan responden saat memberikan penilaian, serta menghasilkan bobot kriteria yang lebih realistis (Fajri dkk., 2018). Sedangkan MOORA sebagai salah satu metode optimasi multi-kriteria. Dalam MOORA, alternatif dinilai dengan cara menormalisasi matriks keputusan, memberikan bobot dari hasil F-AHP, dan menghitung nilai optimasi dengan membedakan antara kriteria *benefit* (semakin besar semakin baik) dan *cost* (semakin kecil semakin baik). Alternatif dengan nilai optimasi tertinggi menjadi prioritas utama (Rohman dkk., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa menggabungkan F-AHP dengan MOORA cukup efektif. Contohnya, penelitian (Murtadho & Sulastri, 2023) menerapkan kombinasi AHP dan MOORA dalam sistem penilaian kinerja, di mana AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria dan MOORA untuk meranking alternatif. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi kedua metode menghasilkan keputusan yang lebih objektif dan stabil. Penelitian lain oleh (Nurhaliza dkk., 2022) dalam konteks seleksi beasiswa memperlihatkan bahwa AHP dapat menetapkan bobot kriteria seperti prestasi akademik, ekonomi keluarga, dan aktivitas organisasi, sedangkan MOORA berhasil melakukan perankingan alternatif secara konsisten dan sensitif terhadap perubahan bobot. Hasil ini menegaskan bahwa kombinasi AHP dan MOORA mampu menjaga reliabilitas hasil meskipun bobot kriteria divariasikan. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kombinasi F-AHP dan MOORA dapat memperkuat pengambilan keputusan dengan menggunakan bobot kriteria dan perankingan alternatif.

Dalam penelitian ini, metode F-AHP dan MOORA digunakan untuk menentukan kebutuhan tenaga kesehatan yang paling penting. Beberapa faktor yang dinilai, seperti kebutuhan tenaga medis yang tersedia, cara tersebarnya tenaga tersebut, tingkat kegentingan kebutuhan, serta kesesuaian dengan standar pelayanan, biasanya tidak memiliki batas yang jelas. Oleh karena itu, faktor-faktor ini dianalisis menggunakan pendekatan *fuzzy*. Hasil bobot dari F-AHP kemudian digunakan bersama metode MOORA untuk mengurutkan kebutuhan tenaga kesehatan yang paling mendesak. Dengan cara ini, hasil keputusan yang diperoleh diharapkan lebih akurat, adil, dan mampu meningkatkan kualitas layanan kesehatan bagi masyarakat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif kuantitatif. Dengan data yang berupa data kuantitatif mengenai tenaga kesehatan di beberapa negara wilayah Eropa dan Asia Tengah pada tahun 2023 yang diperoleh dari dataset publik WHO. Data tersebut meliputi kriteria jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), jumlah tenaga farmasi (K_5), luas daratan (K_6). Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini melibatkan perhitungan numerik dengan metode F-AHP dan MOORA untuk menentukan bobot setiap kriteria serta menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan.

3.2 Data dan Sumber Data

Penelitian ini memanfaatkan data sekunder yaitu data yang diperoleh dari situs web dataset publik WHO yang berisi informasi mengenai kebutuhan tenaga kesehatan di berbagai negara wilayah Eropa dan Asia Tengah pada tahun 2023. Wilayah ini bersifat administratif, sehingga tidak hanya mencakup di wilayah Eropa, tetapi juga beberapa negara di Asia Tengah. Data yang dikumpulkan meliputi 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), luas daratan (K_6). Dalam penelitian ini, analisis hanya dibatasi dengan 20 negara yang terletak di wilayah Eropa dan Asia Tengah termasuk Andorra, Belarus, Bulgaria, Estonia, Finland, Germany, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Montenegro, Netherlands, Portugal, San Marino, Slovenia, Spain, Turkiye, Kazakhstan, Uzbekistan, dan Turkmenistan. Pemilihan 20 negara dilakukan berdasarkan ketersediaan data pada

dataset WHO. Data ini digunakan sebagai input dalam penerapan metode F-AHP dan MOORA, sehingga setiap negara dianalisis secara numerik untuk menentukan bobot kriteria dan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan.

3.3 Kombinasi F-AHP dan MOORA

Kombinasi F-AHP dan MOORA dilakukan untuk menghasilkan penilaian multi-kriteria yang saling melengkapi. F-AHP digunakan untuk menentukan bobot setiap kriteria dengan memperhitungkan ketidakpastian melalui penggunaan TFN dalam matriks perbandingan berpasangan, kemudian bobot tersebut didefuzzifikasi. Nilai bobot yang dihasilkan menjadi input dalam MOORA. Pada MOORA, matriks keputusan dinormalisasi agar dapat dibandingkan antar-kriteria, kemudian dibentuk matriks terbobot melalui perkalian bobot F-AHP dengan hasil normalisasi. Integrasi ini memadukan kemampuan F-AHP dalam menangkap penilaian subjektif dengan kejelasan proses perangkingan pada MOORA. Berikut tahapan langkah-langkah:

1. Menyusun hierarki masalah dan prioritas kriteria

Langkah pertama dalam penelitian ini yaitu menyusun hierarki masalah dan menentukan prioritas kriteria, sebelum melakukan perhitungan F-AHP. Penyusunan hierarki ini dilakukan berdasarkan studi literatur penelitian terdahulu. Pada tahap ini yaitu menentukan kriteria untuk memenuhi kebutuhan tenaga kesehatan, jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), jumlah tenaga farmasi (K_5), luas daratan (K_6). Dari hierarki tersebut akan ditentukan prioritas awal kriteria secara subjektif, yang akan digunakan dalam menentukan matriks perbandingan berpasangan pada metode F-AHP. Karena setiap kriteria memiliki tingkat kepentingan yang berbeda dengan kriteria lainnya.

2. Menyusun matriks perbandingan berpasangan *crisp*

Langkah pertama dalam metode F-AHP yaitu menyusun matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dalam bentuk nilai *crisp*. Matriks ini digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria dalam pengambilan keputusan, matriks ini berukuran 5×5 . Penilaian tingkat kepentingan setiap kriteria dilakukan secara berpasangan, dengan membandingkan satu kriteria dengan kriteria lain menggunakan skala Saaty (1–9). Skala ini bertujuan mengubah penilaian kualitatif menjadi nilai kuantitatif, sehingga dapat diolah dalam perhitungan matematis dalam metode AHP. Setiap elemen a_{ij} menyatakan tingkat kepentingan kriteria i terhadap kriteria j . Dengan nilai diagonal $a_{ii} = 1$, yang berarti setiap kriteria memiliki tingkat kepentingan yang sama terhadap dirinya sendiri. Selain itu, penilaian bersifat resiprokal sehingga berlaku $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ untuk $i \neq j$. Jika suatu kriteria i lebih penting daripada kriteria j , maka nilai kebalikannya pada posisi (j, i) merupakan kebalikan dari nilai tersebut. Sehingga bentuk umum matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* terdapat pada Persamaan 2.3.

3. Menghitung *consistency index* (CI)

Setelah ditentukan matriks perbandingan berpasangan *crisp*, dilakukan uji *consistency index* untuk memastikan bahwa penilaian antar kriteria yang diberikan bersifat logis dan tidak bertentangan. Uji konsistensi ini merupakan bagian dari metode AHP yang bertujuan untuk mengukur tingkat konsistensi dalam pengambilan keputusan. Pertama menghitung nilai eigen maksimum dengan mengalikan matriks perbandingan berpasangan A dengan vektor bobot prioritas awal (bobot *crisp*) yang diperoleh dari perhitungan AHP, yang

pertama yaitu menghitung nilai eigen maksimum untuk rumusnya terdapat pada Persamaan 2.9, setelah itu akan ditentukan indeks konsistensi untuk rumusnya terdapat pada Persamaan 2.10.

4. Menghitung *consistency ratio* (*CR*)

Langkah ini menghitung *consistency ratio* yang dirumuskan sebagai berikut, di mana nilai $CR \leq 0,1$ maka matriks tersebut konsisten atau bisa dikatakan benar, tetapi jika $CR > 0,1$ maka matriks tidak konsisten. Untuk rumus menentukan (*CR*) terdapat pada Persamaan 2.11.

5. Fuzzifikasi matriks perbandingan

Setelah matriks perbandingan berpasangan dalam bentuk *crisp* dinyatakan konsisten, maka akan dilakukan proses fuzzifikasi, yang bertujuan untuk mengakomodasi ketidakpastian dan subjektivitas dalam penilaian antar kriteria dengan mengubah nilai skala tegas (*crisp*) ke dalam TFN. Pada tahap ini, setiap elemen matriks perbandingan berpasangan a_{ij} yang awalnya berupa nilai skala Saaty (1-9) dikonversi menjadi yang dinyatakan sebagai:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \cdots & \tilde{a}_{13} & \cdots & \tilde{a}_{15} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{31} & \cdots & \tilde{a}_{33} & \cdots & \tilde{a}_{35} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{51} & \cdots & \tilde{a}_{53} & \cdots & \tilde{a}_{55} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (3.2)$$

Konversi nilai dilakukan berdasarkan tabel skala *fuzzy* yang mengacu pada pengembangan metode AHP, untuk elemen diagonal berlaku $\tilde{a}_{ii} = (1,1,1)$, nilai tersebut menunjukkan bahwa suatu kriteria memiliki tingkat kepentingan yang sama terhadap dirinya sendiri. Bilangan (1,1,1) tetap merupakan bentuk TFN karena memenuhi syarat $l \leq m \leq u$, dan dalam hal ini menunjukkan

tidak adanya ketidakpastian. Selain itu, sifat resiprokal tetap berlaku dalam bentuk *fuzzy*, sehingga $i \neq j$ yaitu $\tilde{a}_{ij} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}} \right)$. Hasil dari tahap ini adalah matriks perbandingan berpasangan dalam bentuk *fuzzy* yang selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* pada tahap F-AHP berikutnya.

6. Menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* untuk tiap kriteria

Pada tahap menentukan nilai *fuzzy synthetic extent* yang pertama yaitu menjumlahkan TFN pada setiap baris matriks perbandingan berpasangan, kemudian hasil penjumlahan tersebut dikalikan dengan invers dari jumlah total seluruh bilangan *fuzzy* dalam matriks, karena pembagian bilangan *fuzzy* tidak didefinisikan secara langsung. proses ini menghasilkan nilai *synthetic extent* S_i yang masih berbentuk TFN, yang dirumuskan pada Persamaan 2.12, sedangkan untuk menentukan jumlah $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ terdapat pada Persamaan 2.13. Di mana $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ merupakan penjumlahan baris pada matriks berpasangan. Sedangkan untuk memperoleh nilai $(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j)^{-1}$ dilakukan operasi penjumlahan untuk keseluruhan TFN $M_{gi}^j (j = 1, 2, \dots, m)$ seperti pada rumus yang terdapat pada Persamaan 2.14 sedangkan untuk mencari nilai inversnya yaitu terdapat pada Persamaan 2.15.

7. Defuzzifikasi

Pada langkah ini defuzzifikasi dilakukan untuk mengubah bobot *fuzzy* (TFN) menjadi bobot tunggal (*crisp*) melalui perhitungan rata-rata komponen *fuzzy* untuk rumusnya terdapat pada Persamaan 2.21.

8. Normalisasi akhir bobot *crisp*

Nilai bobot *crisp* (C_i) dinormalisasi dengan membagi masing-masing nilai terhadap jumlah total bobot. Proses ini menghasilkan bobot akhir (W_i) yang akan digunakan sebagai bobot penimbang pada perhitungan MOORA untuk rumusnya terdapat pada Persamaan 2.22. Setelah diperoleh bobot akhir setiap kriteria (W_i) melalui proses F-AHP, langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan bobot tersebut ke dalam metode MOORA. Metode F-AHP menghasilkan bobot prioritas yang merepresentasikan tingkat kepentingan relatif antar kriteria. Bobot ini menjadi dasar dalam proses pengambilan keputusan karena digunakan untuk memberikan penekanan yang berbeda pada setiap kriteria ketika mengevaluasi alternatif. Pada tahap MOORA, dilakukan penilaian terhadap setiap alternatif berdasarkan data kinerja aktualnya (x_{ij}) terhadap masing-masing kriteria, kemudian dikombinasikan dengan bobot (W_i) untuk menentukan nilai preferensi dan menghasilkan peringkat alternatif.

9. Menyusun matriks keputusan

Setelah bobot kriteria diperoleh, dilakukan penyusunan matriks keputusan $X = [x_{ij}]$, yaitu nilai kinerja setiap alternatif keputusan (20 unit pelaporan WHO) terhadap tiap kriteria (5 kriteria). Nilai x_{ij} diambil dari data sekunder yang tersedia sehingga matriks berbentuk 20×5 , untuk bentuk matriksnya terdapat pada Persamaan 2.23.

10. Normalisasi matriks keputusan

Langkah ini digunakan untuk menyeragamkan skala setiap kriteria, nilai x_{ij} dinormalisasi sehingga menghasilkan r_{ij} . Normalisasi dilakukan dengan

membagi setiap nilai terhadap akar jumlah kuadrat nilai pada kolom yang sama, untuk rumusnya terdapat pada Persamaan 2.24.

11. Membentuk matriks terbobot

Setelah normalisasi, setiap nilai r_{ij} dikalikan dengan bobot kriteria W_j sehingga diperoleh matriks terbobot $Y = [y_{ij}]$ berukuran 20×5 , yang selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai preferensi dan peringkat alternatif dengan metode MOORA, untuk rumusnya terdapat pada Persamaan 2.25.

12. Menghitung nilai preferensi

Pada tahap ini, nilai preferensi (P_i) dihitung untuk menentukan urutan prioritas masing-masing alternatif. Perhitungan dilakukan berdasarkan sifat kriteria, yaitu *benefit* dan *cost*. Nilai *benefit* menunjukkan bahwa semakin besar nilai kinerja suatu alternatif, maka semakin baik. Sebaliknya, nilai *cost* menunjukkan bahwa semakin kecil nilai kinerja alternatif, maka semakin baik. Nilai preferensi ini kemudian digunakan untuk menentukan perangkingan alternatif keputusan, di mana alternatif dengan nilai P_i tertinggi menjadi prioritas utama, untuk rumus jika semua kriteria *benefit* yaitu terdapat pada Persamaan 2.26 sedangkan untuk rumus jika ada *benefit* dan *cost* yaitu terdapat pada Persamaan 2.27.

13. Menentukan perangkingan

Menetapkan hasil perhitungan dengan cara mengurutkan nilai-nilai yang diperoleh melalui metode MOORA. Hasil akhir perhitungannya adalah menampilkan hasil perangkingan p_i , untuk menentukan prioritas alternatif keputusan yang membutuhkan tenaga kesehatan. Dimana, alternatif terbaik

memiliki nilai p_i tertinggi, sedangkan alternatif dengan peringkat terendah memiliki nilai p_i yang paling rendah.

3.4 Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis untuk menghasilkan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan dengan menggunakan kombinasi metode F-AHP dan MOORA yang terdapat pada Gambar 3.1. Berikut adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

1. Identifikasi Variabel

Tahapan pertama dalam penelitian ini yaitu identifikasi variabel dengan mengumpulkan data yang diperoleh dari situs web dataset publik WHO yang berisi informasi mengenai kebutuhan tenaga kesehatan di berbagai negara wilayah Eropa dan Asia Tengah pada tahun 2023. Data tersebut berisi

informasi mengenai kebutuhan tenaga kesehatan diberbagai negara wilayah Eropa dan Asia Tengah. Identifikasi ini bertujuan agar penelitian memiliki fokus yang jelas dan memastikan bahwa variabel yang dipilih sesuai dengan analisis kebutuhan tenaga kesehatan. Berdasarkan data tersebut, terdapat enam variabel yang digunakan sebagai dasar analisis adalah jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), jumlah tenaga farmasi (K_5), luas daratan (K_6). Enam kriteria ini akan menjadi dasar dalam menghitung bobot prioritas dengan metode F-AHP dan juga menjadi dasar dalam mengevaluasi alternatif keputusan menggunakan metode MOORA, sehingga proses analisis dapat berjalan secara terukur dan terstruktur.

2. Menyusun hierarki masalah dan prioritas kriteria

Setelah variabel dilakukan, langkah berikutnya yaitu menyusun hierarki masalah dan prioritas kriteria. Tahapan ini dilakukan berdasarkan studi literatur dan sumber referensi resmi dari WHO, sehingga penentuan kriteria serta urutan prioritas awal didasarkan pada standar internasional dan hasil penelitian sebelumnya. Hierarki masalah ini digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan masing-masing kriteria, yang akan menjadi dasar dalam menyusun matriks perbandingan berpasangan pada metode F-AHP. Dengan adanya hierarki masalah, F-AHP dapat menghitung bobot prioritas setiap kriteria secara objektif, dan bobot ini digunakan sebagai masukan dalam metode MOORA untuk mengevaluasi berbagai alternatif keputusan. Proses ini memastikan bahwa analisis dilakukan dengan cara yang teratur,

didasarkan pada data yang ada, dan memberikan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan yang jelas di beberapa negara wilayah Eropa dan Asia Tengah.

3. Membentuk matriks perbandingan berpasangan *crisp*

Tahapan ketiga dalam penelitian ini adalah membentuk matriks perbandingan berpasangan *crisp* untuk menilai tingkat kepentingan relatif antar kriteria. Penilaian dilakukan dengan membandingkan setiap kriteria secara berpasangan menggunakan skala kepentingan yang mengacu pada metode AHP, yaitu skala 1 sampai 9. Skala ini digunakan untuk merepresentasikan tingkat kepentingan relatif suatu kriteria terhadap kriteria lainnya secara terstruktur dan konsisten. Matriks perbandingan *crisp* yang telah disusun kemudian digunakan sebagai dasar tahap selanjutnya, yaitu proses fuzzifikasi.

4. Menghitung *consistency index (CI)*

Tahapan keempat dalam penelitian ini adalah menghitung *consistency index (CI)* yaitu mengukur tingkat konsistensi dari matriks perbandingan berpasangan. Nilai *CI* yang mendekati nol menunjukkan bahwa penilaian antar kriteria dilakukan dengan cara yang konsisten. Nilai *CI* yang semakin besar menunjukkan adanya ketidakkonsistenan dalam penilaian, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan atau penyesuaian matriks agar hasil pembobotan bisa digunakan secara benar dan valid. Akan tetapi jika semakin kecil nilai *CI*, maka semakin konsisten penilaian antar kriteria.

5. Menghitung *consistency ratio (CR)*

Tahapan kelima dalam penelitian ini adalah menghitung *consistency ratio (CR)* yaitu sebagai uji kelayakan konsistensi matriks perbandingan, jika

$CR \leq 0,1$ maka matriks dianggap konsisten dan hasil pembobotan dapat digunakan. Akan tetapi jika $CR > 0,1$ maka matriks perlu diperbaiki karena menunjukkan tingkat ketidakkonsistenan yang tinggi dalam penilaian perbandingan kriteria.

6. Fuzzifikasi matriks perbandingan

Tahapan keenam dalam penelitian ini adalah proses fuzzifikasi yaitu mengubah nilai perbandingan pada matriks berpasangan yang bersifat tegas (*crisp*) menjadi bilangan *fuzzy* dalam bentuk TFN. Dengan cara ini, ketidakpastian dan subjektivitas penilaian dapat diwakili secara lebih realistis.

7. Menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* untuk tiap kriteria

Tahapan ketujuh dalam penelitian ini adalah menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* untuk tiap kriteria. Untuk setiap kriteria, yang merepresentasikan besarnya kontribusi relatif masing-masing kriteria terhadap tujuan penelitian. Perhitungan dilakukan dengan cara menjumlahkan nilai *fuzzy* di setiap baris matriks, lalu membagi hasilnya dengan total nilai *fuzzy* dari semua kriteria. Hasil perhitungan ini memberikan nilai *fuzzy* yang menunjukkan seberapa besar pengaruh setiap kriteria dalam proses pengambilan keputusan.

8. Defuzzifikasi

Tahapan kedelapan dalam penelitian ini adalah defuzzifikasi, yaitu proses mengubah bilangan *fuzzy* menjadi bilangan tegas (*crisp value*). Defuzzifikasi dilakukan untuk memperoleh bobot pasti dari setiap kriteria sehingga dapat digunakan pada perhitungan selanjutnya.

9. Normalisasi bobot akhir

Tahapan kesembilan dalam penelitian ini adalah melakukan normalisasi bobot kriteria. Normalisasi bertujuan agar total bobot seluruh kriteria bernilai 1, sehingga bobot tersebut dapat digunakan sebagai input dalam metode MOORA.

10. Menyusun matriks keputusan

Tahapan kesepuluh dalam penelitian ini adalah menyusun matriks keputusan berdasarkan data kebutuhan tenaga kesehatan pada 20 negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah yang menjadi alternatif keputusan. Matriks ini berisi nilai kuantitatif dari masing-masing kriteria pada setiap negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah yaitu jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), jumlah tenaga farmasi (K_5), luas daratan (K_6). Matriks keputusan menjadi dasar dalam proses evaluasi alternatif menggunakan metode MOORA.

11. Normalisasi matriks keputusan

Tahapan kesebelas dalam penelitian ini adalah melakukan normalisasi terhadap matriks keputusan agar nilai setiap kriteria berada dalam skala sebanding. Normalisasi diperlukan karena data setiap kriteria memiliki satuan dan skala yang berbeda, sehingga tidak dapat dibandingkan secara langsung. Proses normalisasi mengubah nilai asli menjadi nilai relatif yang memungkinkan perbandingan antar kriteria secara proporsional. Dengan normalisasi, semua nilai kriteria bisa dibandingkan secara seimbang tanpa dipengaruhi oleh perbedaan satuan pengukuran.

12. Membentuk matriks terbobot

Tahapan keduabelas dalam penelitian ini adalah membentuk matriks terbobot, yaitu hasil perkalian antara bobot kriteria yang diperoleh dari F-AHP dengan nilai normalisasi dari matriks keputusan. Matriks terbobot menunjukkan kontribusi masing-masing kriteria terhadap setiap alternatif keputusan. Dengan matriks terbobot, pengaruh bobot prioritas kriteria dapat diintegrasikan ke dalam evaluasi alternatif menggunakan MOORA.

13. Menghitung nilai preferensi

Tahapan ketigabelas dalam penelitian ini adalah menghitung nilai preferensi P_i untuk setiap alternatif tenaga kesehatan di beberapa negara wilayah Eropa dan Asia Tengah. Perhitungan dilakukan dengan membedakan jenis kriteria *benefit* (semakin besar semakin baik) dan *cost* (semakin kecil semakin baik). Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan nilai kriteria yang bersifat *benefit* dan mengurangi nilai kriteria yang bersifat *cost*. Nilai preferensi yang dihasilkan menunjukkan tingkat kelayakan masing-masing alternatif berdasarkan kriteria yang digunakan.

14. Perangkingan

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah melakukan perangkingan berdasarkan nilai preferensi P_i , untuk menentukan prioritas alternatif keputusan yang membutuhkan tenaga kesehatan. Alternatif dengan nilai P_i tertinggi ditetapkan sebagai prioritas utama kebutuhan tenaga kesehatan, sedangkan alternatif dengan nilai terendah dianggap sebagai kebutuhan yang kurang mendesak. Hasil perangkingan ini menjadi dasar rekomendasi dalam

pengambilan keputusan terkait prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di beberapa negara wilayah Eropa dan Asia Tengah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menentukan Variabel Penelitian

Menentukan variabel penelitian adalah tahap pertama dalam menyusun dasar analisis kebutuhan tenaga kesehatan. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diambil dari publikasi WHO pada tautan (<https://apps.who.int/nhwportal/>) dan untuk data mengenai luas daratan diambil dari publikasi *Worldometer* pada tautan (<https://www.worldometers.info/id/geografi/negara-terbesar-di-dunia/>). Data tersebut menjelaskan kondisi tenaga kesehatan di beberapa negara wilayah Eropa dan Asia Tengah, untuk data keseluruhannya dapat dilihat pada Lampiran 1. Meskipun dataset tersebut mencakup banyak negara, penelitian ini hanya memilih 20 negara untuk dianalisis. Pemilihan tersebut dilakukan dengan memperhatikan aspek metodologis, yaitu kelengkapan dan konsistensi data pada semua kriteria yang digunakan, seperti jumlah dokter, perawat, bidan, dokter gigi, tenaga farmasi, serta luas daratan. Tidak semua negara memiliki data yang lengkap dan sama untuk keenam variabel tersebut, sehingga dibatasi agar proses normalisasi, pembobotan F-AHP, dan perhitungan MOORA bisa dilakukan dengan benar tanpa ada nilai yang hilang yang bisa mengganggu hasil analisis. Selain itu, pembatasan jumlah pilihan bertujuan agar proses pengambilan keputusan dengan beberapa kriteria tetap terkontrol dan menghasilkan hasil yang lebih jelas serta lebih dalam. Dua puluh negara yang dipilih tetap mencakup berbagai kondisi ketersediaan tenaga kesehatan di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Data tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2.

Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis variabel, yaitu kriteria dan alternatif, yang digunakan sebagai dasar pengolahan data dengan menggunakan metode F-

AHP dan MOORA. Dalam penelitian ini kriteria merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kebutuhan tenaga kesehatan tiap alternatif keputusan. Terdapat enam kriteria yang digunakan, yaitu terdapat Tabel 4.1 merupakan kriteria yang digunakan dalam menentukan urutan prioritas alternatif keputusan yang paling membutuhkan tenaga kesehatan.

Tabel 4.1 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

Berdasarkan tabel tersebut untuk kebutuhan tenaga kesehatan merupakan total tenaga kesehatan setiap masing-masing negara, sehingga bisa digunakan untuk mengukur tingkat ketersediaan tenaga kesehatan secara kuantitatif. Nilai-nilai kriteria berbeda di setiap negara, sehingga memudahkan perbandingan secara objektif. Oleh karena itu, keenam kriteria tersebut menjadi faktor utama dalam proses pemberian bobot menggunakan metode F-AHP dan digunakan kembali pada tahap MOORA untuk menentukan urutan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan.

Variabel selanjutnya yaitu alternatif, dalam penelitian ini alternatif yang digunakan berupa negara yang ada di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Setiap alternatif keputusan memiliki nilai yang berbeda pada enam kriteria tertentu, sehingga bisa dilakukan perbandingan untuk mengetahui alternatif keputusan mana yang paling membutuhkan tenaga kesehatan. Total alternatif berjumlah 20 alternatif keputusan yang berupa beberapa negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Berikut

hasil penentuan data alternatif keputusan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Data alternatif secara keseluruhan yang menggunakan 20 negara dapat dilihat di Lampiran 2.

Tabel 4.2 Data Alternatif

Kode	Alternatif
A_1	Andorra
A_2	Belarus
A_3	Bulgaria
\vdots	...
A_{18}	Uzbekistan
A_{19}	Spain
A_{20}	Turkmenistan

Dengan demikian, identifikasi variabel ini menjadi dasar dalam menyusun struktur pengambilan keputusan dan juga menjadi *input* utama dalam perhitungan bobot F-AHP serta proses perankingan MOORA.

4.2 Menentukan Bobot Kriteria dengan Menggunakan Metode F-AHP

Pada tahap ini metode F-AHP digunakan untuk memperoleh bobot prioritas dari setiap kriteria yang telah ditentukan. Proses ini digunakan sebagai dasar menentukan bobot pada tahap penilaian akhir, sehingga setiap kriteria memiliki pengaruh yang sesuai terhadap penentuan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam proses perhitungan F-AHP:

1. Menyusun Hierarki Masalah dan Prioritas Kriteria

Tahap pertama dalam penelitian ini yaitu menyusun hierarki masalah sebagai dasar pengambilan keputusan dengan menggunakan metode F-AHP. Penyusunan hierarki bertujuan untuk memecah permasalahan tentang kebutuhan tenaga kesehatan yang kompleks menjadi struktur yang lebih sistematis dan bertingkat, sehingga mempermudah proses analisis serta

pembobotan kriteria. Pada tingkat pertama hierarki ditetapkan tujuan penelitian, yaitu menentukan prioritas negara yang membutuhkan tenaga kesehatan di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Tingkat kedua hierarki terdiri dari kriteria yang merepresentasikan jenis tenaga kesehatan, yang terdapat pada Tabel 4.1. Setiap alternatif dievaluasi berdasarkan keenam kriteria. Penentuan prioritas kriteria dalam penelitian ini didasarkan pada kajian literatur ilmiah mengenai peran dan keterlibatan tenaga kesehatan dalam sistem pelayanan kesehatan. Berdasarkan penelitian Helgesen dkk., (2024) dokter bertugas mengambil keputusan mengenai diagnosis dan menentukan jenis pengobatan yang diberikan dalam layanan kesehatan primer. Perawat memegang peran penting dalam mengamati kondisi pasien, mengkoordinasikan pelayanan, serta berfungsi sebagai penghubung utama di antara berbagai profesi dalam sistem pelayanan kesehatan. Sedangkan berdasarkan penelitian Singhal, (2023) bidan berperan langsung dalam memberikan layanan kesehatan untuk ibu dan bayi, seperti memperhatikan kondisi ibu selama kehamilan, membantu proses melahirkan, serta merawat ibu dan bayi setelah melahirkan. Dokter gigi bertugas mencegah dan mengatasi masalah kesehatan gigi dan mulut serta memberikan perawatan yang tuntas untuk penyakit pada bagian mulut (Stuart dkk., 2017). Tenaga farmasi terlibat dalam mengelola pengobatan pasien, memastikan penggunaan obat berjalan dengan efisien, serta meningkatkan keamanan pasien dengan bekerja sama dengan tenaga medis lainnya (Helgesen dkk., 2024). Selain luas daratan digunakan sebagai faktor pendukung karena semakin luas wilayah suatu negara, maka kebutuhan distribusi dan pemerataan tenaga kesehatan cenderung semakin tinggi. Oleh karena itu, luas daratan

dipertimbangkan sebagai indikator tambahan dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Tingkat ketiga merupakan alternatif keputusan yaitu 20 negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah yang menjadi objek analisis dalam penelitian ini yang terdapat pada Lampiran 2. Berdasarkan perbedaan tingkat keterlibatan langsung dalam pelayanan klinis dan jenis pelayanan tersebut, kajian literatur digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi tingkat kepentingan masing-masing kriteria sebelum dilakukan perhitungan bobot dengan menggunakan metode F-AHP. Sehingga urutan kepentingan masing-masing kriteria yaitu jumlah dokter, jumlah perawat, jumlah bidan, jumlah dokter gigi, jumlah tenaga farmasi, dan luas daratan.

2. Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan *crisp*

Pada tahap ini dilakukan penyusunan matriks perbandingan berpasangan untuk mengetahui tingkat kepentingan relatif masing-masing kriteria dalam penilaian kebutuhan tenaga kesehatan. Penilaian dilakukan dengan membandingkan setiap kriteria secara berpasangan berdasarkan tingkat kepentingan yang telah ditetapkan dalam proses pengambilan keputusan. Dalam metode AHP, proses perbandingan berpasangan biasanya menggunakan skala fundamental 1-9 yang dikembangkan oleh Thomas Saaty. Skala ini mengubah penilaian verbal menjadi nilai numerik, di mana angka 1 berarti sama pentingnya dan angka 9 berarti sangat jauh lebih penting. Berdasarkan penelitian Kasemi & Vardari, (2022) skala 1-9 merupakan skala yang digunakan dalam metode F-AHP yang digunakan dalam pengambilan keputusan melalui perbandingan berpasangan. Dalam artikel tersebut dijelaskan bahwa skala 1-9 memiliki sembilan tingkat kepentingan, mulai dari kepentingan sama hingga kepentingan ekstrem. Skala

ini sering digunakan karena bisa menggambarkan perbedaan tingkat kepentingan secara lebih detail. Namun, penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa menggunakan skala yang berbeda dapat menghasilkan distribusi bobot dan tingkat konsistensi yang berbeda, meskipun urutan alternatif tetap sama. Hal ini menjelaskan bahwa dalam pengembangan metode F-AHP, terdapat beberapa variasi skala, termasuk skala dengan rentang nilai lebih kecil atau lebih besar dari 1 hingga 9. Menunjukkan bahwa penggunaan skala dalam F-AHP bisa disesuaikan, asalkan tetap memenuhi prinsip resiprokal dan dilakukan pemeriksaan konsistensi. Sehingga pada penelitian ini digunakan skala linguistik yang terbatas, dengan dibatasi hingga tingkat “lebih penting”. Pembatasan skala ini bertujuan untuk mempermudah responden dalam memberikan penilaian, mengurangi kemungkinan inkonsistensi karena banyak pilihan intensitas serta menjaga stabilitas distribusi bobot pada proses F-AHP. Dengan demikian angka 9 tidak dihilangkan secara teoritis, tetapi tidak digunakan dalam pemetaan linguistik penelitian ini. Selanjutnya, proses perbandingan dilakukan dengan membentuk pasangan antar kriteria. Terdapat enam kriteria yaitu, $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$, maka setiap kriteria dibandingkan satu per satu dengan kriteria lainnya tanpa pengulangan pasangan yang sama. Perbandingan dimulai dari K_1 terhadap K_2, K_3, K_4, K_5, K_6 . Kemudian K_2 terhadap K_3, K_4, K_5, K_6 , dilanjutkan K_3 terhadap K_4, K_5 dan K_6 , serta K_4 terhadap K_5 dan K_6 dan terakhir K_5 terhadap K_6 . Setiap pasangan tersebut diberikan nilai sesuai skala kepentingan yang telah ditetapkan. Hasil perbandingan tersebut disusun dalam bentuk matriks persegi berordo $n \times n$, dengan n menyatakan jumlah kriteria. Berdasarkan penelitian (Rezki dkk.,

2023) matriks perbandingan berpasangan *crisp* memiliki sifat bahwa elemen diagonal utama bernilai satu yaitu jika $i = j$, maka $a_{ii} = 1$, karena setiap kriteria dibandingkan dengan dirinya sendiri memiliki tingkat kepentingan yang sama. Matriks juga bersifat resiprokal $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$, $i \neq j$, yang berarti apabila kriteria ke- i dinilai lebih penting sebesar a_{ij} terhadap kriteria ke- j , maka perbandingan sebaliknya merupakan kebalikannya. Setiap elemen matriks dikatakan positif jika $a_{ij} > 0$ untuk semua $i, j = 1, \dots, n$ sehingga matriks termasuk matriks resiprokal positif. Sifat-sifat tersebut merupakan karakteristik dasar matriks perbandingan berpasangan dalam metode AHP sebelum dilakukan perhitungan bobot prioritas dan uji konsistensi. Berikut bentuk matriks perbandingan berpasangan *crisp*.

Tabel 4.3 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)

Setelah dilakukan pemetaan skala linguistik, tahap selanjutnya yaitu menentukan nilai perbandingan berpasangan antar kriteria dalam bentuk *crisp*. Penentuan nilai ini berdasarkan skala AHP yang dikembangkan oleh Saaty. Nilai yang digunakan dalam matriks merupakan nilai tengah (m) dari TFN, karena dianggap paling mewakili tingkat kepentingan yang diberikan. Penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan peran dan kontribusi masing-masing kriteria dalam kebutuhan tenaga kesehatan, sehingga nilai yang dihasilkan tidak bersifat acak, melainkan memiliki dasar konseptual.

Berdasarkan proses tersebut, diperoleh matriks perbandingan berpasangan antar kriteria yang disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Penentuan Nilai Perbandingan Berpasangan

Kriteria	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
K_1	1	2	5	5	5	2
K_2	$\frac{1}{2}$	1	2	5	5	2
K_3	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	2	2	2
K_4	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	2	2
K_5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	2
K_6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1

Nilai perbandingan berpasangan pada Tabel 4.4 dapat dijelaskan bahwa:

- a. Nilai perbandingan dengan membandingkan dengan nilainya sendiri (K_1 banding K_1) diberi nilai 1 yang berarti memiliki kepentingan yang sama.
- b. Perbandingan K_1 dan K_2 diberikan skala sedikit lebih penting. Karena K_1 memiliki peran utama dalam diagnosis dan pengambilan keputusan klinis sedangkan K_2 berperan sebagai pendukung dalam pelaksanaan layanan medis, sehingga digunakan skala sedikit lebih penting.
- c. Perbandingan K_1 dan K_3 diberikan skala sedikit lebih penting. Karena K_1 layanan klinis tidak dapat berjalan tanpa keberadaan dokter sedangkan K_3 memiliki cakupan layanan yang lebih spesifik pada ibu dan bayi, sehingga digunakan skala lebih penting.
- d. Perbandingan K_1 dan K_4 diberikan skala lebih penting. Karena K_1 berperan lebih luas dalam pelayanan klinis umum dari pada K_4 yang

fokus pada kesehatan gigi dan mulut, sehingga digunakan skala lebih penting.

- e. Perbandingan K_1 dan K_5 diberikan skala lebih penting. Karena K_1 memiliki peran utama dalam diagnosis dan layanan klinis, sedangkan K_5 hanya berfokus pada pengelolaan dan penyediaan obat, sehingga digunakan skala lebih penting.
- f. Perbandingan K_1 dan K_6 diberikan skala sedikit lebih penting. Karena meskipun luas daratan mempengaruhi distribusi tenaga kesehatan, peran tenaga dokter tetap lebih dominan dalam pelayanan kesehatan secara langsung.
- g. Perbandingan K_2 dan K_3 diberikan skala sedikit lebih penting. Karena K_2 memegang peran penting dalam koordinasi dan pengamatan pasien, sedangkan K_3 hanya fokus pada pelayanan ibu dan bayi, sehingga digunakan skala sedikit lebih penting.
- h. Perbandingan K_2 dan K_4 diberikan skala lebih penting. Karena K_2 memiliki peran klinis yang lebih luas daripada K_4 yang cakupan layanan spesifik, sehingga digunakan skala lebih penting.
- i. Perbandingan K_2 dan K_5 diberikan skala lebih penting. Karena K_2 memiliki peran dalam layanan klinis dibanding K_5 yang berperan dalam aspek pendukung pada pengelolaan obat, sehingga digunakan skala lebih penting.
- j. Perbandingan K_2 dan K_6 diberikan skala sedikit lebih penting. Karena perawat berperan langsung dalam pelayanan kesehatan, sedangkan luas

daratan hanya sebagai faktor pendukung dalam distribusi tenaga kesehatan.

- k. Perbandingan K_3 dan K_4 diberikan skala sedikit lebih penting. Karena K_3 berperan langsung pada pelayanan ibu dan bayi sedangkan K_4 yang fokus pada kesehatan gigi dan mulut, sehingga digunakan skala sedikit lebih penting.
- l. Perbandingan K_3 dan K_5 diberikan skala sedikit lebih penting. Karena K_3 berperan langsung dalam pelayanan klinis dalam menangani ibu dan bayi sedangkan K_5 yang fokus pada pengelolaan obat, sehingga digunakan skala lebih penting.
- m. Perbandingan K_3 dan K_6 diberikan skala lebih penting. Karena bidan berperan langsung dalam pelayanan kesehatan, sedangkan luas daratan tidak berpengaruh langsung terhadap tindakan klinis.
- n. Perbandingan K_4 dan K_5 diberikan skala sedikit lebih penting. Karena K_4 memberikan layanan langsung pada pasien di kesehatan gigi dan mulut sedangkan K_5 tidak melakukan pelayanan klinis langsung, sehingga digunakan skala sedikit lebih penting.
- o. Perbandingan K_4 dan K_6 diberikan skala lebih penting. Karena dokter gigi berkontribusi langsung dalam pelayanan kesehatan, sedangkan luas daratan hanya sebagai faktor pendukung.
- p. Perbandingan K_5 dan K_6 diberikan skala lebih penting. Karena tenaga farmasi tetap memiliki peran dalam sistem pelayanan kesehatan, sedangkan luas daratan hanya mempengaruhi aspek distribusi tenaga kesehatan.

Sehingga diperoleh matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 & 5 & 5 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 5 & 5 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

3. Menghitung *Consistency Index (CI)*

Setelah dilakukan fuzzifikasi dan diperoleh bobot *crisp*, maka akan dilakukan pengujian tingkat konsistensi melalui perhitungan *consistency index (CI)*. Pada tahap ini akan ditentukan nilai eigen maksimum (λ_{max}) dengan mengalikan hasil matriks perbandingan berpasangan dengan vektor bobot *crisp*. Setelah itu nilai λ_{max} diperoleh kemudian akan digunakan untuk menentukan nilai *consistency index (CI)*. Berikut adalah tahap perhitungannya:

Akan ditentukan nilai eigen maksimum (λ_{max}) dengan ditentukan matriks perbandingan berpasangan *crisp* berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 & 5 & 5 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 5 & 5 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix}$$

Akan ditentukan W^* , dengan menjumlahkan tiap kolom s_j

$$s_1 = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2} = 2,6$$

$$s_2 = 2 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2} = 4,4$$

$$s_3 = 5 + 2 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 9,5$$

$$s_4 = 5 + 5 + 2 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 14$$

$$s_5 = 5 + 5 + 2 + 2 + 1 + \frac{1}{2} = 15,5$$

$$s_6 = 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 = 11$$

Adapun tabel rekapitulasi dari perhitungan di atas seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Jumlah Tiap Kolom s_j

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

Setelah itu akan dinormalisasikan setiap elemen dengan dibagi oleh jumlah kolomnya,

$$b_1 = \left(\frac{1}{2,6} ; \frac{2}{4,4} ; \frac{5}{9,5} ; \frac{5}{14} ; \frac{5}{15,5} ; \frac{2}{11} \right)$$

$$= (0,3846 ; 0,4545 ; 0,5263 ; 0,3571 ; 0,3226 ; 0,1818)$$

$$b_2 = \left(\frac{\frac{1}{2}}{2,6} ; \frac{1}{4,4} ; \frac{2}{9,5} ; \frac{5}{14} ; \frac{5}{15,5} ; \frac{2}{11} \right)$$

$$= (0,1923 ; 0,2273 ; 0,2105 ; 0,3571 ; 0,3226 ; 0,1818)$$

$$b_3 = \left(\frac{\frac{1}{5}}{2,6} ; \frac{\frac{1}{2}}{4,4} ; \frac{1}{9,5} ; \frac{2}{14} ; \frac{2}{15,5} ; \frac{2}{11} \right)$$

$$= (0,0769 ; 0,1136 ; 0,1053 ; 0,1429 ; 0,129 ; 0,1818)$$

$$b_4 = \left(\frac{1}{2,6} ; \frac{1}{4,4} ; \frac{1}{9,5} ; \frac{1}{14} ; \frac{2}{15,5} ; \frac{2}{11} \right)$$

$$= (0,0769 ; 0,0455 ; 0,0526 ; 0,0714 ; 0,129 ; 0,1818)$$

$$b_5 = \left(\frac{1}{2,6} ; \frac{1}{4,4} ; \frac{1}{9,5} ; \frac{1}{14} ; \frac{1}{15,5} ; \frac{2}{11} \right)$$

$$= (0,0769 ; 0,0455 ; 0,0526 ; 0,0357 ; 0,0645 ; 0,1818)$$

$$b_6 = \left(\frac{1}{2,6} ; \frac{1}{4,4} ; \frac{1}{9,5} ; \frac{1}{14} ; \frac{1}{15,5} ; \frac{1}{11} \right)$$

$$= (0,1923 ; 0,1136 ; 0,0526 ; 0,0357 ; 0,0323 ; 0,0909)$$

Matriks yang ternormalisasi:

$$A^{norm} = \begin{bmatrix} 0,3846 & 0,4545 & 0,5263 & 0,3571 & 0,3226 & 0,1818 \\ 0,1923 & 0,2273 & 0,2105 & 0,3571 & 0,3226 & 0,1818 \\ 0,0769 & 0,1136 & 0,1053 & 0,1429 & 0,129 & 0,1818 \\ 0,0769 & 0,0455 & 0,0526 & 0,0714 & 0,129 & 0,1818 \\ 0,0769 & 0,0455 & 0,0526 & 0,0357 & 0,0645 & 0,1818 \\ 0,1923 & 0,1136 & 0,0526 & 0,0357 & 0,0323 & 0,0909 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya akan ditentukan W^* ,

$$W_1^* = \frac{(0,3846 + 0,4545 + 0,5263 + 0,3571 + 0,3226 + 0,1818)}{6} = \frac{2,227}{6} = 0,3712$$

$$W_2^* = \frac{(0,1923 + 0,2273 + 0,2105 + 0,3571 + 0,3226 + 0,1818)}{6} = \frac{1,4916}{6} = 0,2486$$

$$W_3^* = \frac{(0,0769 + 0,1136 + 0,1053 + 0,1429 + 0,129 + 0,1818)}{6} = \frac{0,7495}{6} = 0,1249$$

$$W_4^* = \frac{(0,0769 + 0,0455 + 0,0526 + 0,0714 + 0,129 + 0,1818)}{6} = \frac{0,5573}{6} = 0,0929$$

$$W_5^* = \frac{(0,0769 + 0,0455 + 0,0526 + 0,0357 + 0,0645 + 0,1818)}{6} = \frac{0,4571}{6} = 0,0762$$

$$W_6^* = \frac{(0,1923 + 0,1136 + 0,0526 + 0,0357 + 0,0323 + 0,0909)}{6} = \frac{0,5175}{6} = 0,0862$$

Adapun tabel rekapitulasi dari perhitungan di atas seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Vektor Bobot Awal dari Matriks yang Ternormalisasi

Kriteria	Jumlah Elemen Baris	Rata-rata (W^*)
W_1^*	2,227	0,3712
W_2^*	1,4916	0,2486
W_3^*	0,7495	0,1249
W_4^*	0,5573	0,0929
W_5^*	0,4571	0,0762
W_6^*	0,5175	0,0862

Sehingga diperoleh:

$$W^* = \begin{pmatrix} 0,3712 \\ 0,2486 \\ 0,1249 \\ 0,0929 \\ 0,0762 \\ 0,0862 \end{pmatrix}$$

Maka hasil dari AW^* yaitu,

$$AW^* = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 & 5 & 5 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 & 5 & 5 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} 0,3712 \\ 0,2486 \\ 0,1249 \\ 0,0929 \\ 0,0762 \\ 0,0862 \end{pmatrix}$$

$$(AW^*)_1 = (1 \times 0,3712) + (2 \times 0,2486) + (5 \times 0,1249) + (5 \times 0,0929) + (5 \times 0,0762) + (5 \times 0,0862) = 2,5108$$

$$(AW^*)_2 = \left(\frac{1}{2} \times 0,3712\right) + (1 \times 0,2486) + (2 \times 0,1249) + (5 \times 0,0929) + (5 \times 0,0762) + (5 \times 0,0862) = 1,7019$$

$$(AW^*)_3 = \left(\frac{1}{5} \times 0,3712\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,2486\right) + (1 \times 0,1249) + (2 \times 0,0929) + (5 \times 0,0762) + (5 \times 0,0862) = 0,834$$

$$(AW^*)_4 = \left(\frac{1}{5} \times 0,3712\right) + \left(\frac{1}{5} \times 0,2486\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,1249\right) + (1 \times 0,0929) + (2 \times 0,0762) + (5 \times 0,0862) = 0,6041$$

$$(AW^*)_5 = \left(\frac{1}{5} \times 0,3712\right) + \left(\frac{1}{5} \times 0,2486\right) + \left(\frac{1}{5} \times 0,1249\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,0929\right) + (1 \times 0,0762) + (5 \times 0,0862) = 0,4815$$

$$(AW^*)_6 = \left(\frac{1}{5} \times 0,3712\right) + \left(\frac{1}{5} \times 0,2486\right) + \left(\frac{1}{5} \times 0,1249\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,0929\right) + (1 \times 0,0762) + (1 \times 0,0862) = 0,5431$$

$$AW^* = [2,5108 ; 1,7019 ; 0,834 ; 0,6041 ; 0,4815 ; 0,5431]$$

Adapun tabel rekapitulasi dari perhitungan di atas seperti pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Perkalian Matriks *Crisp* dengan Vektor Bobot

Baris	AW^*
1	2,5108
2	1,7019
3	0,834
4	0,6041
5	0,4815
6	0,5431

Setelah itu akan ditentukan $\frac{(AW^*)_i}{w_i^*}$ sebagai berikut:

$$\frac{(AW^*)_1}{w_1^*} = \frac{2,5108}{0,3712} = 6,764$$

$$\frac{(AW^*)_2}{w_2^*} = \frac{1,7019}{0,2486} = 6,8459$$

$$\frac{(AW^*)_3}{w_3^*} = \frac{0,834}{0,1249} = 6,6773$$

$$\frac{(AW^*)_4}{w_4^*} = \frac{0,6041}{0,0929} = 6,5027$$

$$\frac{(AW^*)_5}{w_5^*} = \frac{0,4815}{0,0762} = 6,3189$$

$$\frac{(AW^*)_6}{W_6^*} = \frac{0,5431}{0,0862} = 6,3005$$

Adapun tabel rekapitulasi dari perhitungan di atas seperti pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perbandingan

Kriteria	$\frac{(AW^*)_i}{W_i^*}$
$\frac{(AW^*)_1}{W_1^*}$	6,764
$\frac{(AW^*)_2}{W_2^*}$	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

Akan ditentukan nilai eigen maksimum

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW^*)_i}{w_i}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{max} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW^*)_i}{w_i} = \frac{6,764+6,8459+6,6773+ 6,5027+ 6,3189+6,3005}{6} \\ &= \frac{39,4093}{6} = 6,5682 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai eigen maksimum maka akan ditentukan *consistency index (CI)*,

$$CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$$

$$CI = \frac{(6,5682-6)}{(6-1)} = \frac{0,5682}{5} = 0,113645$$

4. Menghitung *Consistency Ratio (CR)*

Setelah diperoleh *consistency index*, langkah berikutnya yaitu menghitung *consistency ratio* yang dirumuskan sebagai berikut, di mana nilai $CR \leq 0,1$ maka matriks tersebut konsisten atau bisa dikatakan benar, tetapi jika $CR > 0,1$ maka matriks tidak konsisten, dimana $RI = 1,24$ karena ukuran matriksnya yaitu 6×6 , dengan $n = 6$. Nilai RI dapat dilihat dari nilai RI pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Tabel Nilai 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

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CR = \frac{0,113645}{1,24} = 0,0916$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa nilai CR berada pada nilai $CR \leq 0,1$. Dengan demikian matriks perbandingan berpasangan dinyatakan konsisten, sehingga penilaian antar kriteria dianggap logis dan dapat digunakan dalam tahap selanjutnya.

5. Fuzzifikasi Matriks Perbandingan Berpasangan

Setelah matriks perbandingan berpasangan dalam bentuk tajam dianggap konsisten melalui pemeriksaan *consistency index* (CI) dan *consistency ratio* (CR), langkah berikutnya adalah melakukan proses fuzzifikasi terhadap matriks tersebut. Proses ini dilakukan karena dalam pengambilan keputusan, penilaian yang diberikan biasanya bersifat subjektif dan sulit untuk dinyatakan secara pasti dalam satu nilai numerik. Oleh karena itu, metode AHP dikembangkan menjadi F-AHP dengan menggabungkan teori himpunan *fuzzy* agar bisa menangani ketidakpastian tersebut. Dalam metode F-AHP, setiap elemen matriks perbandingan berpasangan dinyatakan dalam bentuk TFN $\tilde{a} =$

(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) dengan $l_{ij} \leq m_{ij} \leq u_{ij}$. Representasi ini memungkinkan satu nilai perbandingan memiliki rentang kemungkinan, sehingga lebih realistis dalam pengambil keputusan. Proses fuzzifikasi dilakukan dengan mengubah setiap nilai skala AHP menjadi bentuk TFN berdasarkan Tabel 4.3. Dengan demikian, nilai perbandingan yang awalnya dalam bentuk angka tunggal diubah menjadi bilangan *fuzzy* yang memiliki tiga parameter. Dalam matriks perbandingan berpasangan F-AHP tetap berlaku sifat dasar yang berlaku tetap sama seperti pada AHP klasik. Untuk elemen diagonal utama, yaitu ketika suatu kriteria dibandingkan dengan dirinya sendiri $i = j$, sehingga diberi nilai $\tilde{a} = (1,1,1)$. Nilai ini ditentukan berdasarkan prinsip bahwa suatu kriteria memiliki tingkat kepentingan yang sama terhadap dirinya sendiri, sehingga dalam skala AHP diberi nilai 1 yang artinya sama penting. Ketika dikonversi dalam bentuk *fuzzy*, skala 1 tersebut dinyatakan sebagai $(1,1,1)$. Nilai ini bukan sekadar asumsi, tetapi juga secara jelas terdapat dalam penelitian Gde dkk., (2016) di mana dalam matriks perbandingan *fuzzy* elemen diagonal ditulis dalam bentuk tiga komponen dengan nilai 1, yaitu 1 1 1. Secara matematis, nilai $(1,1,1)$ tetap memenuhi definisi TFN karena memenuhi semua syarat $l \leq m \leq u$. Meskipun tidak memiliki interval ketidakpastian, nilai tersebut masih dianggap sebagai bentuk TFN yang degeneratif, yaitu bilangan *fuzzy* di mana batas bawah, nilai tengah, dan batas atasnya semuanya bernilai sama. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada ketidakpastian ketika suatu kriteria dibandingkan dengan kriteria itu sendiri. Selain elemen diagonal, matriks perbandingan *fuzzy* juga memenuhi sifat resiprokal $\tilde{a}_{ij} = \frac{1}{\tilde{a}_{ji}}$. Sifat ini adalah pengembangan dari prinsip resiprokal dalam AHP dan bertujuan untuk

konsistensi logis antar perbandingan kriteria. Dengan demikian, matriks perbandingan berpasangan dalam F-AHP memiliki bentuk matriks di mana semua elemennya dinyatakan dalam TFN, dengan elemen diagonal bernilai (1,1,1) dan elemen di luar diagonal memenuhi sifat resiprokal. Berikut bentuk matriksnya.

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

6. Menghitung Nilai *Fuzzy Synthetic Extent* untuk Tiap Kriteria

Setelah matriks perbandingan berpasangan *fuzzy* diperoleh, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) untuk tiap kriteria. Perhitungan ini dilakukan dengan menjumlahkan setiap elemen TFN pada baris kriteria sehingga diperoleh $m_i = (l_i, m_i, u_i)$. Hasil perhitungan ini menghasilkan tiga nilai *fuzzy*, yaitu nilai batas bawah (l), nilai tengah (m), dan nilai batas atas (u) untuk setiap kriteria. Nilai *fuzzy synthetic extent* (S_i) diperoleh dengan membandingkan jumlah nilai *fuzzy* pada baris ke- i terhadap total nilai *fuzzy* semua elemen dalam matriks perbandingan berpasangan. Proses perbandingan ini direpresentasikan sebagai perkalian antara jumlah *fuzzy* pada baris ke- i dengan invers *fuzzy* dari total nilai *fuzzy* seluruh matriks. Secara konsep, nilai (S_i) menunjukkan tingkat kepentingan relatif dari kriteria

ke- i dibandingkan dengan seluruh kriteria yang dianalisis. Nilai ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan bobot prioritas kriteria pada tahap berikutnya dalam metode F-AHP. Berikut adalah cara perhitungan yang digunakan untuk menentukan S_i ditunjukkan pada Tabel 4.10.

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

Akan ditentukan nilai $(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j)$ dengan menjumlahkan keseluruhan tiap-tiap bilangan *fuzzy* pada baris.

Tabel 4.10 Hasil Jumlah Nilai *Fuzzy* Setiap Baris

Kriteria	Hasil Jumlah Nilai <i>Fuzzy</i>
K_1	$l = 1 + 1 + 4 + 4 + 4 + 1$ $l = 15$
	$m = 1 + 2 + 5 + 5 + 5 + 2$ $m = 20$
	$u = 1 + 3 + 6 + 6 + 6 + 3$ $u = 25$
K_2	$l = \frac{1}{3} + 1 + 1 + 4 + 4 + 1$ $l = 0,3333 + 1 + 1 + 4 + 4 + 1$ $l = 11,3333$
	$m = \frac{1}{2} + 1 + 2 + 5 + 5 + 2$ $m = 0,5 + 1 + 5 + 5 + 5 + 2$ $m = 15,5$
	$u = 1 + 1 + 2 + 6 + 6 + 3$ $u = 20$
K_3	$l = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + 1 + 1 + 1 + 1$ $l = 0,1667 + 0,3333 + 1 + 1 + 1 + 1$ $l = 4,5$
	$m = \frac{1}{5} + \frac{1}{2} + 1 + 2 + 2 + 2$ $m = 0,2 + 0,5 + 1 + 2 + 2 + 2$ $m = 7,7$
	$u = \frac{1}{4} + 1 + 1 + 3 + 3 + 3$

Kriteria	Hasil Jumlah Nilai <i>Fuzzy</i>
	$u = 0,25 + 1 + 1 + 3 + 3 + 3$ $u = 11,25$
K_4	$l = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + 1 + 1 + 1$ $l = 0,1667 + 0,1667 + 0,3333 + 1 + 1 + 1$ $l = 3,6666$
	$m = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2} + 1 + 2 + 2$ $m = 0,2 + 0,2 + 0,5 + 1 + 2 + 2$ $m = 5,9$
	$u = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + 1 + 1 + 3 + 3$ $u = 0,25 + 0,25 + 1 + 1 + 3 + 3$ $u = 8,5$
K_5	$l = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + 1 + 1$ $l = 0,1667 + 0,1667 + 0,3333 + 0,3333 + 1 + 1$ $l = 3$
	$m = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1 + 2$ $m = 0,2 + 0,2 + 0,5 + 0,5 + 1 + 2$ $m = 4,4$
	$u = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + 1 + 1 + 1 + 3$ $u = 0,25 + 0,25 + 1 + 1 + 1 + 3$ $u = 6,5$
K_6	$l = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + 1$ $l = 0,3333 + 0,3333 + 0,3333 + 0,3333 + 0,3333 + 1$ $l = 2,6666$
	$m = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1$ $m = 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 2$ $m = 3,5$
	$u = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6$
ΣT	$l_T = 15 + 11,3333 + 4,5 + 3,6666 + 3 + 2,6666 = 40,1666 \approx 40,1$
	$m_T = 20 + 15,5 + 7,7 + 5,9 + 4,4 + 3,5 = 57$
	$u_T = 25 + 20 + 11,25 + 8,5 + 6,5 + 6 = 77,25$

Langkah selanjutnya yaitu akan ditentukan nilai $(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j)^{-1}$ sebagai berikut:

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1} = \left(\frac{1}{40,1}; \frac{1}{57}; \frac{1}{77,25} \right)$$

Langkah selanjutnya yaitu akan ditentukan nilai *fuzzy synthetic extent*, berikut perhitungannya:

$$S_1 = (15 ; 20 ; 25) \times \left(\frac{1}{40,1}; \frac{1}{57}; \frac{1}{77,25} \right) = (0,1941 ; 0,3508 ; 0,6224)$$

$$S_2 = (11,3333 ; 15,5 ; 20) \times \left(\frac{1}{40,1}; \frac{1}{57}; \frac{1}{77,25} \right) = (0,1467 ; 0,2719 ; 0,4979)$$

$$S_3 = (4,5 ; 7,7 ; 11,25) \times \left(\frac{1}{40,1}; \frac{1}{57}; \frac{1}{77,25} \right) = (0,0582 ; 0,1350 ; 0,2800)$$

$$S_4 = (3,6666 ; 5,9 ; 8,5) \times \left(\frac{1}{40,1}; \frac{1}{57}; \frac{1}{77,25} \right) = (0,0474 ; 0,1035 ; 0,2116)$$

$$S_5 = (3 ; 4,4 ; 6,5) \times \left(\frac{1}{40,1}; \frac{1}{57}; \frac{1}{77,25} \right) = (0,0388 ; 0,0771 ; 0,1618)$$

$$S_6 = (2,6666 ; 3,5 ; 6) \times \left(\frac{1}{40,1}; \frac{1}{57}; \frac{1}{77,25} \right) = (0,0345 ; 0,0614 ; 0,1493)$$

Adapun tabel rekapitulasi dari perhitungan diatas seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Nilai *Fuzzy Synthetic Extent* (S_i)

Kriteria	Nilai <i>Fuzzy Synthetic Extent</i> (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)

7. Defuzzifikasi

Setelah diperoleh nilai *fuzzy synthetic extent* pada masing-masing kriteria, langkah selanjutnya adalah melakukan proses defuzzifikasi. Proses ini bertujuan untuk mengubah bilangan *fuzzy* berbentuk TFN (l_i, m_i, u_i) menjadi nilai tunggal (*crisp*) sehingga dapat digunakan sebagai bobot dalam perhitungan selanjutnya. Berikut adalah tahap perhitungannya:

$$C_i = \frac{l_i + m_i + u_i}{3}$$

$$C_1 = \frac{l_1 + m_1 + u_1}{3} = \frac{0,1941 + 0,3508 + 0,6224}{3} = \frac{1,1673}{3} = 0,3892$$

$$C_2 = \frac{l_2 + m_2 + u_2}{3} = \frac{0,1467 + 0,2719 + 0,4979}{3} = \frac{0,9165}{3} = 0,3055$$

$$C_3 = \frac{l_3 + m_3 + u_3}{3} = \frac{0,0582 + 0,1350 + 0,2800}{3} = \frac{0,4732}{3} = 0,1578$$

$$C_4 = \frac{l_4 + m_4 + u_4}{3} = \frac{0,0474 + 0,1035 + 0,2116}{3} = \frac{0,3625}{3} = 0,1209$$

$$C_5 = \frac{l_5 + m_5 + u_5}{3} = \frac{0,0388 + 0,0771 + 0,1618}{3} = \frac{0,2777}{3} = 0,0926$$

$$C_6 = \frac{l_6 + m_6 + u_6}{3} = \frac{0,0345 + 0,0614 + 0,1493}{3} = \frac{0,2452}{3} = 0,0818$$

Adapun tabel rekapitulasi dari perhitungan di atas seperti pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 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

8. Menentukan Normalisasi Akhir Bobot

Setelah diperoleh nilai bobot *crisp* dari hasil, langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi untuk memperoleh bobot akhir masing-masing kriteria.

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap nilai *crisp* dengan jumlah total seluruh nilai *crisp*. Berikut adalah tahap perhitungannya:

$$W_i = \frac{C_i}{\sum_{k=1}^n C_k}$$

$$\sum_{k=1}^n C_k = 0,3891 + 0,3055 + 0,1577 + 0,1208 + 0,0926 + 0,0817$$

$$\sum_{k=1}^n C_k = 1,1475$$

$$W_1 = \frac{0,3891}{1,1475} = 0,3391$$

$$W_2 = \frac{0,3055}{1,1475} = 0,2662$$

$$W_3 = \frac{0,1577}{1,1475} = 0,1375$$

$$W_4 = \frac{0,1208}{1,1475} = 0,1053$$

$$W_5 = \frac{0,0926}{1,1475} = 0,0807$$

$$W_6 = \frac{0,0817}{1,1475} = 0,0712$$

Adapun tabel rekapitulasi dari perhitungan di atas seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 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 tahapan-tahapan pada metode F-AHP tersebut, diperoleh bobot prioritas setiap kriteria dalam penelitian ini. Hasil uji konsistensi menunjukkan bahwa matriks perbandingan berpasangan memenuhi syarat konsistensi karena

memiliki nilai $CR \leq 0,1$. Sehingga penilaian antar kriteria dianggap konsisten, valid dan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Bobot *crisp* yang sudah dinormalisasi menjadi bobot akhir ini menunjukkan tingkat pentingnya setiap kriteria dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan.

Berdasarkan nilai bobot akhir yang diperoleh, urutan prioritas kriteria ditentukan berdasarkan kriteria dengan nilai bobot akhir yang terbesar menunjukkan tingkat kepentingan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kriteria lainnya. Dengan demikian hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah dokter (K_1) menempati prioritas pertama, jumlah perawat (K_2) sebagai prioritas kedua, jumlah bidan (K_3) sebagai prioritas ketiga, jumlah dokter gigi (K_4) sebagai prioritas keempat, jumlah tenaga farmasi (K_5) sebagai prioritas kelima. dan luas daratan (K_6) sebagai prioritas terakhir. Urutan tersebut menunjukkan bahwa kriteria yang memiliki bobot terbesar berpengaruh paling besar dalam menentukan kebutuhan tenaga kesehatan, sementara kriteria dengan bobot terkecil memiliki tingkat kepentingan yang lebih rendah dibandingkan kriteria lainnya.

Bobot akhir kriteria yang diperoleh dari metode F-AHP ini kemudian digunakan sebagai acuan dalam metode MOORA. Pada tahap MOORA, bobot tersebut dikalikan dengan nilai normalisasi dari matriks keputusan untuk membentuk matriks yang sudah diberi bobot, sehingga setiap alternatif dinilai dengan memperhatikan tingkat pentingnya setiap kriteria. Proses ini menghasilkan nilai preferensi yang digunakan untuk menentukan urutan prioritas pilihan keputusan berdasarkan enam kriteria yang telah ditentukan. Berikut adalah tahapan perhitungan metode MOORA.

4.3 Menentukan Nilai Preferensi dan Peringkat dengan MOORA

Pada tahap ini, metode MOORA digunakan untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan bobot kriteria yang telah dihitung menggunakan F-AHP. Pertama, data penilaian disusun dalam bentuk matriks keputusan. Selanjutnya, semua nilai diubah menjadi bentuk yang telah dinormalisasi agar setiap kriteria memiliki skala yang sama. Setelah normalisasi, dilakukan pembentukan matriks terbobot dengan mengalikan nilai normalisasi dengan bobot *crisp* setiap kriteria. Matriks terbobot ini digunakan untuk menghitung nilai optimasi, sehingga diperoleh peringkat akhir yang menunjukkan alternatif keputusan mana yang lebih diprioritaskan dalam penambahan tenaga kesehatan. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam proses perhitungan MOORA:

1. Menyusun Matriks Keputusan

Pada tahap ini digunakan sebagai dasar perhitungan dalam menentukan tingkat prioritas setiap alternatif keputusan terhadap seluruh kriteria yang digunakan dalam penelitian. Pada penelitian ini terdapat 20 alternatif keputusan yang berupa negara-negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah berdasarkan dataset WHO yang terdapat pada Tabel 4.2 dan 5 kriteria yang terdapat pada Tabel 4.1. Nilai pada matriks MOORA ini diperoleh dari data tenaga kesehatan di beberapa negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah pada tahun 2023 berdasarkan dataset WHO. Data tersebut akan dimasukkan ke dalam matriks yang berukuran 20×6 . Untuk data setiap kriteria pada tiap negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah pada tahun 2023 dapat dilihat pada Lampiran 2. Berikut adalah bentuk matriks keputusan MOORA yang berukuran 20×6 :

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,3} & x_{1,4} & x_{1,5} & x_{1,6} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,3} & x_{2,4} & x_{2,5} & x_{2,6} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{15,1} & x_{15,2} & x_{15,3} & x_{15,4} & x_{15,5} & x_{15,6} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{20,1} & x_{20,2} & x_{20,3} & x_{20,4} & x_{20,5} & x_{20,6} \end{bmatrix}$$

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

2. Normalisasi Matriks Keputusan

Setelah matriks keputusan MOORA telah dibentuk, langkah selanjutnya yaitu melakukan normalisasi agar semua kriteria memiliki skala yang sama. Hal ini karena setiap kriteria memiliki satuan dan rentang nilai yang berbeda, sehingga tidak bisa dibandingkan secara langsung. Normalisasi dilakukan dengan membagi setiap nilai x_{ij} dengan akar kuadrat dari jumlah semua nilai dalam kolom kriteria yang sama. Proses ini menghasilkan matriks normalisasi z_{ij} , di mana setiap elemen menunjukkan nilai kinerja alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j dalam skala yang sudah sama. Dengan normalisasi, nilai tersebut sudah siap digunakan dalam tahap perhitungan matriks terbobot pada metode MOORA. Berikut tahapan perhitungannya:

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

Akan ditentukan nilai untuk setiap kriteria j dengan menghitung penyebut

normalisasi perkolom dengan menggunakan rumus $\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}$

$$K_1 = 108^2 + 43.111^2 + 29.036^2 + 4.772^2 + \dots + 212.201^2$$

$$K_1 = 11.664 + 1.858.558.321 + 1.843.089.296 + 22.771.984 + \dots + 45.029.264.401 = 326.286.424.465$$

$$\text{Maka } \sqrt{326.286.424.465} = 571.214,8671$$

$$K_2 = 365^2 + 94.098^2 + 28.570^2 + 9.103^2 + \dots + 284.232^2$$

$$K_2 = 133.225 + 8.854.433.604 + 816.244.900 + 82.864.609 + \dots + 80.787.829.824 = 1.560.479.031.723$$

$$\text{Maka } \sqrt{1.560.479.031.723} = 1.249.191,3511$$

$$K_3 = 17^2 + 4.488^2 + 3.253^2 + 523^2 + \dots + 13.833^2$$

$$K_3 = 289 + 20.142.144 + 10.582.009 + 273.529 + \dots + 191.351.889 = 5.417.624.808$$

$$\text{Maka } \sqrt{5.417.624.808} = 73.604,5162$$

$$K_4 = 98^2 + 5.550^2 + 7.672^2 + 1.407^2 + \dots + 31.033^2$$

$$K_4 = 9.604 + 30.802.500 + 58.859.584 + 1.979.649 + \dots + 963.047.089 = 10.994.481.621$$

$$\text{Maka } \sqrt{10.994.481.621} = 104.854,5736$$

$$K_5 = 79^2 + 4.100^2 + 6.303^2 + 955^2 + \dots + 59.667^2$$

$$K_5 = 6.241 + 16.810.000 + 39.727.809 + 912.025 + \dots + 3.560.150.889 = 15.473.001.080$$

$$\text{Maka } \sqrt{15.473.001.080} = 124.390,5184$$

$$K_6 = 470^2 + 202.910^2 + 108.560^2 + 42.390^2 + \dots + 469.930^2$$

$$K_6 = 220.900 + 41.172.468.100 + 11.785.273.600 + 1.796.912.100 + \dots + 220.834.204.900 = 8.909.082.646.376$$

$$\text{Maka } \sqrt{8.909.082.646.376} = 2.984.808,6448$$

Adapun tabel rekapitulasi dari perhitungan diatas seperti pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Penyebut Normalisasi Tiap Kriteria

Kriteria	$\sum_{i=1}^m x_{ij}^2$	$\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}$
K_1	326.286.424.465	571.214,8671
K_2	1.560.479.031.723	1.249.191,3511
K_3	5.417.624.808	73.604,5162
K_4	10.994.481.621	104.854,5736
K_5	15.473.001.080	124.390,5184
K_6	8.909.082.646.376	2.984.808,6448

Setelah itu akan ditentukan nilai normalisasi keputusan tiap alternatif dengan

menggunakan rumus $z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$,

a. Untuk A_1 :

$$z_{1,1} = \frac{408}{571.214,8671} = 0,000714$$

$$z_{1,2} = \frac{365}{1.249.191,3511} = 0,000292$$

$$z_{1,3} = \frac{17}{73.604,5162} = 0,000231$$

$$z_{1,4} = \frac{98}{104.854,5736} = 0,000935$$

$$z_{1,5} = \frac{79}{124.390,5184} = 0,000635$$

$$z_{1,6} = \frac{470}{2.984.808,6448} = 0,000157$$

b. Untuk A_2

$$z_{2,1} = \frac{43.111}{571.214,8671} = 0,075472$$

$$z_{2,2} = \frac{94.098}{1.249.191,3511} = 0,075327$$

$$z_{2,3} = \frac{4.488}{73.604,5162} = 0,060975$$

$$z_{2,4} = \frac{5.550}{104.854,5736} = 0,052930$$

$$z_{2,5} = \frac{4.100}{124.390,5184} = 0,032961$$

$$z_{2,6} = \frac{202.910}{2.984.808,6448} = 0,067981$$

c. Untuk A_3

$$z_{3,1} = \frac{29.036}{571.214,8671} = 0,050832$$

$$z_{3,2} = \frac{28.570}{1.249.191,3511} = 0,022871$$

$$z_{3,3} = \frac{3.253}{73.604,5162} = 0,044196$$

$$z_{3,4} = \frac{7.672}{104.854,5736} = 0,073168$$

$$z_{3,5} = \frac{6.303}{124.390,5184} = 0,050671$$

$$z_{3,6} = \frac{108.560}{2.984.808,6448} = 0,036371$$

d. Untuk A_4

$$z_{4,1} = \frac{4.772}{571.214,8671} = 0,008354$$

$$z_{4,2} = \frac{9.103}{1.249.191,3511} = 0,007287$$

$$z_{4,3} = \frac{523}{73.604,5162} = 0,007106$$

$$z_{4,4} = \frac{1.407}{104.854,5736} = 0,013419$$

$$z_{4,5} = \frac{955}{124.390,5184} = 0,007677$$

$$z_{4,6} = \frac{42.390}{2.984.808,6448} = 0,014202$$

e. Untuk A_5

$$z_{5,1} = \frac{16.102}{571.214,8671} = 0,028189$$

$$z_{5,2} = \frac{70.722}{1.249.191,3511} = 0,056614$$

$$z_{5,3} = \frac{2.204}{73.604,5162} = 0,029944$$

$$z_{5,4} = \frac{3.893}{104.854,5736} = 0,037128$$

$$z_{5,5} = \frac{6.504}{124.390,5184} = 0,052287$$

$$z_{5,6} = \frac{303.890}{2.984.808,6448} = 0,101812$$

f. :

g. Untuk A_{19}

$$z_{19,1} = \frac{82.823}{571.214,8671} = 0,371491$$

$$z_{19,2} = \frac{361.351}{1.249.191,3511} = 0,227533$$

$$z_{19,3} = \frac{20.211}{73.604,5162} = 0,187937$$

$$z_{19,4} = \frac{4.627}{104.854,5736} = 0,295962$$

$$z_{19,5} = \frac{1.211}{124.390,5184} = 0,479675$$

$$z_{19,6} = \frac{498.800}{2.984.808,6448} = 0,167113$$

h. Untuk A_{20}

$$z_{20,1} = \frac{212.201}{571.214,8671} = 0,024936$$

$$z_{20,2} = \frac{284.232}{1.249.191,3511} = 0,019628$$

$$z_{20,3} = \frac{13.833}{73.604,5162} = 0,015855$$

$$z_{20,4} = \frac{31.033}{104.854,5736} = 0,008679$$

$$z_{20,5} = \frac{59.667}{124.390,5184} = 0,008248$$

$$z_{20,6} = \frac{469.930}{2.984.808,6448} = 0,157441$$

Sehingga terbentuk matrik normalisasi keputusan sebagai berikut, dan untuk hasil secara keseluruhannya dapat dilihat pada Lampiran 4.

$$z_{ij} = \begin{bmatrix} 0,000714 & 0,000292 & 0,000231 & 0,000935 & 0,000635 & 0,000157 \\ 0,075472 & 0,075327 & 0,060975 & 0,052930 & 0,032961 & 0,067981 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,000273 & 0,000243 & 0,000204 & 0,000238 & 0,000297 & 0,000020 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0,024936 & 0,019628 & 0,015855 & 0,008679 & 0,008248 & 0,157441 \end{bmatrix}$$

3. Membentuk Matriks Terbobot

Setelah diperoleh nilai normalisasi keputusan, maka akan ditentukan nilai matriks terbobot di mana nilai setiap elemen pada matriks normalisasi akan dikalikan dengan bobot akhir setiap kriteria yang diperoleh dari F-AHP. Matriks terbobot ini bertujuan memberikan pengaruh yang tepat terhadap setiap kontribusi kriteria dalam menentukan keputusan. Hasil dari perkalian antara nilai normalisasi dengan bobot kriteria menghasilkan matriks terbobot. Matriks terbobot ini menjadi dasar perhitungan nilai optimasi pada MOORA dalam menentukan peringkat alternatif. Berikut adalah tahap perhitungannya, dan untuk hasil secara keseluruhannya dapat dilihat pada Lampiran 5.

$$y_{ij} = W_i \times z_{ij}$$

a. Untuk A_1

$$y_{1,1} = 0,3391 \times 0,000714 = 0,000242$$

$$y_{1,2} = 0,2662 \times 0,000292 = 0,000078$$

$$y_{1,3} = 0,1375 \times 0,000231 = 0,000032$$

$$y_{1,4} = 0,1053 \times 0,000935 = 0,000098$$

$$y_{1,5} = 0,0807 \times 0,000635 = 0,000051$$

$$y_{1,6} = 0,0712 \times 0,000157 = 0,000011$$

b. Untuk A_2

$$y_{2,1} = 0,3391 \times 0,075472 = 0,025593$$

$$y_{2,2} = 0,2662 \times 0,075327 = 0,020052$$

$$y_{2,3} = 0,1375 \times 0,060975 = 0,008384$$

$$y_{2,4} = 0,1053 \times 0,052930 = 0,005574$$

$$y_{2,5} = 0,0807 \times 0,032961 = 0,002660$$

$$y_{2,6} = 0,0712 \times 0,067981 = 0,004840$$

c. Untuk A_3

$$y_{3,1} = 0,3391 \times 0,050832 = 0,017237$$

$$y_{3,2} = 0,2662 \times 0,022871 = 0,006088$$

$$y_{3,3} = 0,1375 \times 0,044196 = 0,006077$$

$$y_{3,4} = 0,1053 \times 0,073168 = 0,007705$$

$$y_{3,5} = 0,0807 \times 0,050671 = 0,004089$$

$$y_{3,6} = 0,0712 \times 0,036371 = 0,002590$$

d. Untuk A_4

$$y_{4,1} = 0,3391 \times 0,008354 = 0,002833$$

$$y_{4,2} = 0,2662 \times 0,007287 = 0,001940$$

$$y_{4,3} = 0,1375 \times 0,007106 = 0,000977$$

$$y_{4,4} = 0,1053 \times 0,013419 = 0,001413$$

$$y_{4,5} = 0,0807 \times 0,007677 = 0,000620$$

$$y_{4,6} = 0,0712 \times 0,014202 = 0,001011$$

e. Untuk A_5

$$y_{5,1} = 0,3391 \times 0,028189 = 0,009559$$

$$y_{5,2} = 0,1375 \times 0,056614 = 0,015071$$

$$y_{5,3} = 0,185 \times 0,029944 = 0,004117$$

$$y_{5,4} = 0,085 \times 0,037128 = 0,003910$$

$$y_{5,5} = 0,046 \times 0,052287 = 0,004220$$

$$y_{5,6} = 0,0712 \times 0,101812 = 0,007249$$

f. :

g. Untuk A_{19}

$$y_{19,1} = 0,3391 \times 0,371491 = 0,125972$$

$$y_{19,2} = 0,2662 \times 0,227533 = 0,060569$$

$$y_{19,3} = 0,1375 \times 0,187937 = 0,025841$$

$$y_{19,4} = 0,1053 \times 0,295962 = 0,031165$$

$$y_{19,5} = 0,0807 \times 0,479675 = 0,038710$$

$$y_{19,6} = 0,0712 \times 0,167113 = 0,011898$$

h. Untuk A_{20}

$$y_{20,1} = 0,3391 \times 0,024936 = 0,008456$$

$$y_{20,2} = 0,2662 \times 0,019628 = 0,005225$$

$$y_{20,3} = 0,1375 \times 0,015855 = 0,002180$$

$$y_{20,4} = 0,1053 \times 0,008679 = 0,000914$$

$$y_{20,5} = 0,0807 \times 0,008248 = 0,000666$$

$$y_{20,6} = 0,0712 \times 0,157441 = 0,011210$$

Sehingga terbentuk matrik terbobot sebagai berikut, dan untuk hasil secara keseluruhannya dapat dilihat pada Lampiran 5.

$$y_{ij} =$$

0,000242	0,000078	0,000032	0,000098	0,000051	0,000011
0,025593	0,020052	0,008384	0,005574	0,002660	0,004840
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0,000093	0,000065	0,000028	0,000025	0,000024	0,000001
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0,008456	0,005225	0,002180	0,000914	0,000666	0,011210

4. Menghitung Nilai Preferensi

Setelah diperoleh nilai matriks terbobot, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai preferensi setiap alternatif. Nilai preferensi ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan urutan negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah berdasarkan tingkat prioritas kebutuhan tenaga kesehatan. Perhitungannya dapat dilakukan berdasarkan nilai matriks terbobot yang sudah diperoleh. Dalam metode MOORA, proses perhitungan nilai preferensi dipengaruhi oleh dua jenis kriteria yaitu *benefit* atau *cost*. Kriteria *benefit* adalah di mana kriteria semakin besar nilainya, semakin baik kondisinya artinya jika peningkatan nilainya memberikan dampak positif terhadap nilai preferensi. Sedangkan kriteria *cost* adalah di mana kriteria semakin kecil nilainya, semakin baik kondisinya artinya jika peningkatan nilainya menurunkan nilai preferensi (Tas'au dkk., 2025). Oleh karena itu, penentuan jenis kriteria menjadi tahap penting sebelum melakukan perhitungan nilai

preferensi. Penentuan jenis kriteria dalam penelitian ini didasarkan pada tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di berbagai negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Dalam konteks ini, nilai pada setiap kriteria tidak hanya dipandang sebagai jumlah absolut, tetapi diinterpretasikan sebagai indikator tingkat kecukupan yang mencerminkan kebutuhan tenaga kesehatan. Variabel jumlah dokter, perawat, bidan, dokter gigi, dan tenaga farmasi diperlakukan sebagai indikator ketersediaan tenaga kesehatan. Semakin kecil nilai pada kriteria tersebut menunjukkan keterbatasan ketersediaan tenaga kesehatan, sehingga mencerminkan tingkat kebutuhan yang lebih tinggi dan perlu diprioritaskan. Sebaliknya, nilai yang lebih besar menunjukkan kondisi yang relatif lebih memadai. Oleh karena itu, kriteria K_1 hingga K_5 dikategorikan sebagai kriteria *cost*. Sementara itu, luas daratan diperlakukan sebagai faktor yang mempengaruhi kebutuhan tenaga kesehatan dari sisi wilayah. Semakin luas wilayah suatu negara, maka semakin besar tantangan dalam pemerataan distribusi layanan kesehatan, sehingga kebutuhan tenaga kesehatan juga semakin tinggi. Dalam hal ini, luas daratan memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan, sehingga dikategorikan sebagai kriteria *benefit*. Pendekatan ini sesuai dengan penelitian Sanjaya dkk., (2025) yang menjelaskan bahwa metode MOORA memungkinkan penentuan suatu kriteria termasuk kriteria *benefit* atau *cost*, didasarkan pada pengaruh nilai kriteria terhadap tujuan pengambilan. Dengan demikian, kombinasi kriteria *cost* dan *benefit* dalam penelitian ini digunakan untuk merepresentasikan berbagai faktor yang mempengaruhi kebutuhan tenaga kesehatan secara lebih komprehensif. Penetapan jenis kriteria tersebut

menjadi dasar dalam perhitungan nilai preferensi menggunakan metode MOORA, di mana nilai dari kriteria *benefit* akan dijumlahkan, sedangkan nilai dari kriteria *cost* akan dikurangkan. Hasil akhir perhitungan ini digunakan untuk menentukan urutan prioritas negara yang paling membutuhkan tenaga kesehatan di wilayah Eropa dan Asia Tengah, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 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 Farmasi	<i>Cost</i>
K_6	Luas Daratan	<i>Benefit</i>

Berdasarkan Tabel 4.15 semua kriteria dalam penelitian ini ditetapkan sebagai kriteria *cost* dan *benefit*. Penetapan ini dilakukan berdasarkan tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di berbagai negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Dalam metode MOORA, kriteria *cost* adalah kriteria di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan kondisi yang lebih diprioritaskan dalam konteks tertentu. Sebaliknya, kriteria *benefit* adalah kriteria di mana nilai yang lebih besar memberikan kontribusi positif terhadap nilai preferensi. Dalam penelitian ini, nilai pada setiap kriteria tidak diinterpretasikan sebagai jumlah absolut tenaga kesehatan, melainkan sebagai indikator tingkat kecukupan yang mencerminkan kebutuhan tenaga kesehatan. Nilai yang lebih kecil menunjukkan keterbatasan ketersediaan tenaga kesehatan, sehingga mengindikasikan kebutuhan yang lebih tinggi. Sebaliknya,

nilai yang lebih besar mencerminkan kondisi yang relatif lebih memadai dengan tingkat kebutuhan yang lebih rendah. Adapun penjelasan tiap kriteria sebagai berikut:

a. Jumlah Dokter

Tenaga dokter diinterpretasikan sebagai indikator kecukupan tenaga medis dalam suatu negara. Ketersediaan dokter yang rendah menunjukkan keterbatasan dalam pelayanan diagnosis dan penanganan klinis, sehingga mencerminkan tingkat kebutuhan tenaga kesehatan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kriteria ini termasuk dalam *cost*.

b. Jumlah Perawat

Tenaga perawat mencerminkan kapasitas pelayanan dalam proses perawatan dan pemantauan pasien. Ketersediaan perawat yang terbatas dapat memengaruhi kualitas layanan kesehatan, sehingga menunjukkan kebutuhan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kriteria ini termasuk dalam *cost*.

c. Jumlah Bidan

Tenaga bidan berkaitan dengan pelayanan kesehatan ibu dan anak serta layanan kesehatan primer. Keterbatasan kebutuhan tenaga bidan dapat mengurangi akses terhadap layanan kesehatan dasar, sehingga mencerminkan kebutuhan yang lebih besar. Oleh karena itu, kriteria ini termasuk dalam *cost*.

d. Jumlah Dokter Gigi

Tenaga dokter gigi menunjukkan ketersediaan layanan kesehatan gigi dan mulut. Kekurangan tenaga pada bidang ini dapat membatasi akses

masyarakat terhadap layanan kesehatan spesifik, sehingga menunjukkan tingkat kebutuhan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kriteria ini termasuk dalam *cost*.

e. Jumlah Farmasi

Tenaga farmasi berkaitan dengan pengelolaan dan distribusi obat dalam sistem pelayanan kesehatan. Ketersediaan tenaga farmasi yang rendah dapat memengaruhi efektivitas pelayanan kesehatan secara keseluruhan, sehingga mencerminkan kebutuhan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, kriteria ini termasuk dalam *cost*.

f. Luas Daratan

Luas daratan mencerminkan cakupan wilayah pelayanan kesehatan. Semakin luas wilayah suatu negara, maka semakin besar tantangan dalam pemerataan distribusi tenaga kesehatan. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan tenaga kesehatan. Oleh karena itu, luas daratan dikategorikan sebagai *benefit*, karena nilai yang lebih besar memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan prioritas kebutuhan.

Dengan demikian, berdasarkan tujuan penelitian yang berfokus pada penentuan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan, kriteria dalam penelitian ini terdiri dari kriteria *cost* dan *benefit*. Kriteria jumlah dokter, perawat, bidan, dokter gigi, dan tenaga farmasi ditetapkan sebagai kriteria *cost*, karena nilai yang lebih kecil menunjukkan tingkat ketersediaan tenaga kesehatan yang lebih rendah, sehingga mengindikasikan kebutuhan yang lebih tinggi. Sementara itu, luas

daratan ditetapkan sebagai kriteria *benefit*, karena semakin luas wilayah suatu negara maka semakin besar tantangan dalam pemerataan distribusi tenaga kesehatan, sehingga memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan prioritas kebutuhan. Secara umum, rumus nilai preferensi dalam metode MOORA adalah sebagai berikut:

$$P_i = \sum_{j \in B} y_{ij} - \sum_{j \in C} y_{ij}$$

$$P_{A_1} =$$

$$P_{A_1} = 0,000011 - (0,000242 + 0,000078 + 0,000032 + 0,000098 + 0,000051)$$

$$P_{A_1} = -0,000490$$

$$P_{A_2} = 0,004840 - (0,025593 + 0,020052 + 0,008384 + 0,005574 + 0,002660)$$

$$P_{A_2} = -0,057422$$

$$P_{A_3} = 0,002590 - (0,017237 + 0,006088 + 0,006077 + 0,007705 + 0,004089)$$

$$P_{A_3} = -0,038606$$

$$P_{A_4} = 0,001011 - (0,002833 + 0,001940 + 0,000977 + 0,001413 + 0,000620)$$

$$P_{A_4} = -0,006771$$

$$P_{A_5} = 0,007249 - (0,009559 + 0,015071 + 0,004117 + 0,003910 + 0,004220)$$

wilayah Eropa dan Asia Tengah dalam menentukan kebutuhan tenaga kesehatan. Perangkingan ini ditentukan berdasarkan nilai preferensi (P_i) untuk masing-masing alternatif negara. Nilai preferensi tersebut merupakan hasil agregasi dari seluruh kriteria yang telah dinormalisasi dan dikalikan dengan bobot kriteria yang diperoleh menggunakan metode F-AHP. Dengan demikian, nilai preferensi mencerminkan tingkat prioritas kebutuhan tenaga kesehatan secara komprehensif pada setiap negara. Dalam penelitian ini, semua kriteria dikategorikan sebagai *cost* dan *benefit*, sehingga nilai preferensi yang dihasilkan memiliki karakteristik bernilai negatif. Hal ini disebabkan karena dalam perhitungan MOORA *benefit* dikurangkan dengan *cost*, sehingga nilai preferensi diperoleh dari penjumlahan seluruh nilai kriteria *benefit* dan *cost* yang kemudian diberi tanda negatif. Berdasarkan karakteristik tersebut, semakin tinggi nilai preferensi, maka semakin tinggi tingkat prioritas suatu negara dalam pemenuhan kebutuhan tenaga kesehatan. Dengan demikian, proses perangkingan dilakukan dengan mengurutkan nilai preferensi dari yang paling tertinggi hingga yang terkecil. Hasil perangkingan ini diharapkan dapat memberikan dasar yang objektif dan terukur dalam menentukan prioritas pemenuhan kebutuhan tenaga kesehatan. Berikut Tabel 4.16 merupakan hasil perhitungan perangkingan. Secara keseluruhan hasil perhitungan perangkingan dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 4.16 Hasil Perangkingan

Alternatif (A)	Nilai Preferensi Alternatif (P_i)	Ranking
A_{12}	-0,000233	1
A_1	-0,000490	2
A_{13}	-0,002111	3

Alternatif (A)	Nilai Preferensi Alternatif (P_i)	Ranking
⋮	⋮	⋮
A_6	-0,339664	18
A_8	-0,401831	19
A_{17}	-0,570724	20

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode MOORA dengan matriks terbobot, diperoleh nilai preferensi untuk masing-masing alternatif negara yang terdapat pada Lampiran 5. Nilai preferensi tersebut merupakan hasil penggabungan dari semua kriteria yang telah dinormalisasikan dan dikalikan dengan bobot kriteria berdasarkan metode F-AHP, sehingga menggambarkan tingkat prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di setiap negara secara menyeluruh.

Hasil perankingan menunjukkan bahwa alternatif yang memiliki nilai preferensi paling tinggi berada di urutan pertama dan menjadi prioritas utama dalam penambahan tenaga kesehatan. Pada Tabel 4.16, alternatif A_{15} yaitu San Marino, dengan nilai preferensi sebesar $-0,000233$, selanjutnya alternatif A_1 yaitu Andorra, dengan nilai preferensi sebesar $-0,000490$ dan A_{12} yaitu Montenegro, dengan nilai preferensi sebesar $-0,002111$. Ketiga pilihan tersebut menunjukkan nilai preferensi yang paling tinggi, pada negara-negara tersebut menunjukkan tingkat kebutuhan tenaga kesehatan yang lebih tinggi dibandingkan negara lainnya berdasarkan hasil perhitungan.

Sementara itu pada alternatif A_6 yaitu Germany, dengan nilai preferensi sebesar $-0,570724$, selanjutnya alternatif A_8 yaitu Italy, dengan nilai preferensi sebesar $-0,401831$ dan A_{17} yaitu Turkiye, dengan nilai preferensi

sebesar $-0,339664$, berada pada posisi dengan urutan prioritas ketiga dari bawah. Nilai tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan data yang digunakan, tingkat kebutuhan tenaga kesehatan pada negara-negara tersebut relatif lebih kecil dibandingkan negara lainnya.

Namun demikian, hasil perankingan ini perlu diinterpretasikan secara kontekstual. Hal ini disebabkan karena data yang digunakan dalam penelitian berupa jumlah absolut tenaga kesehatan, sehingga belum mempertimbangkan faktor proporsional seperti jumlah penduduk atau rasio tenaga kesehatan terhadap populasi. Oleh karena itu, nilai preferensi yang diperoleh lebih mencerminkan tingkat kebutuhan secara relatif antar negara berdasarkan data yang digunakan. Dengan demikian, metode MOORA melalui matriks terbobot mampu menghasilkan urutan prioritas negara secara sistematis, objektif, dan terukur berdasarkan nilai preferensi. Hasil ini dapat digunakan sebagai dasar kuantitatif dalam mendukung pengambilan keputusan terkait pemenuhan kebutuhan tenaga kesehatan, dengan tetap mempertimbangkan konteks data agar interpretasi yang dihasilkan lebih sesuai dengan kondisi nyata.

4.4 Integrasi Hasil Metode F-AHP dan MOORA

Berdasarkan proses perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode F-AHP dan MOORA melalui matriks terbobot, penelitian ini memberikan hasil analisis yang mampu menjawab rumusan masalah mengenai penentuan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di beberapa negara di wilayah Eropa dan Asia Tengah. Metode F-AHP digunakan untuk menentukan bobot prioritas enam kriteria kebutuhan tenaga kesehatan secara sistematis dan konsisten, sedangkan metode MOORA digunakan mengolah nilai kriteria yang telah dibobotkan menjadi nilai

preferensi sebagai dasar dalam penentuan perankingan alternatif. Hasil perhitungan F-AHP menunjukkan bahwa urutan prioritas kriteria dari yang paling penting hingga yang terendah 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). Urutan ini menunjukkan bahwa tenaga dokter memiliki pengaruh terbesar dalam menentukan kebutuhan tenaga kesehatan, sementara kebutuhan tenaga farmasi memiliki pengaruh yang paling kecil dibandingkan dengan kriteria lainnya. Secara konseptual, bobot tersebut merepresentasikan tingkat kontribusi masing-masing kriteria dalam memengaruhi hasil akhir keputusan.

Integrasi kedua metode terjadi pada tahap pembentukan matriks terbobot, di mana setiap nilai kriteria pada masing-masing alternatif dikalikan dengan bobot hasil F-AHP. Proses ini menghasilkan nilai yang telah mencerminkan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria. Selanjutnya, metode MOORA mengagregasikan seluruh nilai tersebut ke dalam bentuk nilai preferensi. Dalam penelitian ini, seluruh kriteria bersifat *cost* dan *benefit*. Oleh karena itu, nilai preferensi yang paling tinggi menunjukkan tingkat kebutuhan tenaga kesehatan yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil perankingan, negara dengan nilai preferensi paling tinggi adalah A_{15} yaitu San Marino, dengan nilai preferensi sebesar $-0,000233$, selanjutnya alternatif A_1 yaitu Andorra, dengan nilai preferensi sebesar $-0,000490$ dan A_{12} yaitu Montenegro, dengan nilai preferensi sebesar $-0,002111$. Secara metodologis, hasil ini menunjukkan bahwa ketiga negara tersebut memiliki akumulasi nilai yang lebih besar pada kriteria-kriteria yang digunakan dalam penelitian, khususnya pada kriteria dengan bobot tertinggi seperti tenaga dokter dan

tenaga perawat. Hal ini menyebabkan kontribusi yang lebih signifikan dalam proses perhitungan nilai preferensi, sehingga menempatkan negara-negara tersebut pada posisi prioritas.

Sementara itu pada alternatif A_6 yaitu Germany, dengan nilai preferensi sebesar $-0,570724$, selanjutnya alternatif A_8 yaitu Italy, dengan nilai preferensi sebesar $-0,401831$ dan A_{17} yaitu Turkiye, dengan nilai preferensi sebesar $-0,339664$, berada pada posisi dengan urutan prioritas ketiga dari bawah. Alternatif keputusan tersebut memiliki nilai preferensi yang paling rendah, yang menunjukkan bahwa akumulasi nilai pada kriteria yang digunakan relatif lebih kecil. Dengan demikian, berdasarkan hasil perhitungan, tingkat kebutuhan tenaga kesehatan pada negara-negara tersebut relatif lebih rendah dibandingkan negara lainnya.

Namun demikian, hasil ini perlu diinterpretasikan secara tepat. Hal ini disebabkan oleh variabel yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada jumlah tenaga kesehatan secara absolut, tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti jumlah penduduk maupun rasio tenaga kesehatan terhadap populasi. Keterbatasan variabel tersebut menyebabkan hasil perhitungan lebih merepresentasikan besaran total tenaga kesehatan, bukan tingkat kecukupan atau kekurangan tenaga kesehatan secara proporsional.

Oleh karena itu, hasil perankingan dalam penelitian ini merepresentasikan prioritas berdasarkan variabel yang digunakan, sehingga belum sepenuhnya menggambarkan kondisi kebutuhan tenaga kesehatan secara proporsional. Penelitian ini bersifat penerapan, sehingga hasil yang diperoleh sangat bergantung pada karakteristik data yang digunakan. Oleh karena itu, interpretasi hasil perlu dilakukan dengan mempertimbangkan keterbatasan penelitian, khususnya tidak

dimasukkannya variabel jumlah penduduk dan rasio tenaga kesehatan, yang dapat memengaruhi posisi masing-masing negara dalam hasil perangkaan. Dengan demikian, integrasi metode F-AHP dan MOORA melalui matriks terbobot mampu menghasilkan penentuan prioritas kriteria dan alternatif secara sistematis, objektif, dan terukur. Hasil ini dapat digunakan sebagai dasar kuantitatif dalam mendukung pengambilan keputusan terkait perencanaan dan pemerataan tenaga kesehatan, dengan tetap mempertimbangkan konteks data agar interpretasi yang dihasilkan lebih sesuai dengan kondisi nyata.

4.5 Kajian Integrasi dengan Hasil Penelitian

Dalam ajaran Islam, setiap orang memiliki tugas dan pekerjaan yang harus dilakukan dengan niat yang tulus sebagai bentuk ibadah kepada Allah SWT. Karena setiap pekerjaan bisa menjadi ibadah jika dilakukan dengan ikhlas dan memberi manfaat bagi manusia. Hal ini sesuai dengan tujuan syariat Islam yang menekankan pentingnya memberikan kemaslahatan dan menghindari segala bentuk kemudharatan. Manfaat yang dapat diberikan dapat diwujudkan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam upaya menjaga dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Salah satu bentuk pengabdian yang bernilai dalam Islam adalah keterlibatan dalam kegiatan yang mendukung perlindungan dan pemeliharaan kehidupan manusia. Dalam konteks ini, aspek kesehatan menjadi bagian penting dari usaha manusia dalam mewujudkan kemaslahatan secara luas.

Kesehatan adalah nikmat yang sangat besar dan harus dijaga serta dirawat dengan baik. Dalam Islam, kesehatan dianggap sangat penting bagi manusia untuk menjalankan ibadah dan berbagai kegiatan dalam kehidupan sehari-hari. Karena itu, Islam memberikan perhatian yang tinggi terhadap upaya dalam memelihara

kesehatan, baik untuk mencegah, mengobati, maupun upaya peningkatan kualitas kesehatan masyarakat. Hal ini terlihat dalam konsep *maqāsid al-sharī'ah* yang menempatkan *hifz al-nafs* (memelihara jiwa), sebagai tujuan utama dalam menjalankan syariat Islam.

Pada penelitian ini menggunakan metode F-AHP dan MOORA melalui matriks terbobot. Metode F-AHP digunakan untuk menentukan tingkat pentingnya setiap kriteria dalam mengevaluasi kebutuhan tenaga kesehatan. Proses ini dilakukan dengan mengambil keputusan untuk mendapatkan bobot kriteria yang objektif dan terukur. Pendekatan ini mencerminkan nilai Islam dalam pengambilan keputusan, yaitu dengan memperhatikan prinsip kehati-hatian (*ihtiyat*), ilmu pengetahuan, serta menggunakan penilaian untuk mencapai hasil yang akurat dan adil. Hasil bobot kriteria tersebut kemudian diproses menggunakan metode MOORA melalui matriks terbobot, agar setiap faktor mendapatkan kontribusi yang sesuai dengan tingkat kepentingannya. Metode yang terstruktur dan terukur ini sesuai dengan prinsip Islam yang menganjurkan keakuratan, kejelasan (*al-wuduh*), dan tidak bersifat spekulatif dalam mengambil keputusan terkait kebutuhan masyarakat.

Berdasarkan hasil penelitian ini yang menggunakan metode F-AHP dan MOORA, diketahui bahwa ada beberapa alternatif keputusan dengan kebutuhan tenaga kesehatan yang berbeda. Khususnya pada alternatif keputusan A_{15} , A_1 , A_{12} pada San Marino, Andorra, dan Montenegro masuk ke dalam peringkat tertinggi yang paling membutuhkan tambahan tenaga kesehatan. Karena alternatif tersebut masih belum optimal dalam pelayanan kesehatan, sehingga dibutuhkan kebijakan yang tepat sasaran dalam mendistribusikan tenaga kesehatan secara merata. Meskipun pelayanan kesehatan adalah salah satu cara melindungi kehidupan

manusia. Islam menekankan bahwa keadilan harus ditegakkan dalam segala aspek kehidupan, termasuk dalam distribusi pelayanan kesehatan. Hal ini ditegaskan dalam firman Allah SWT sebagai dasar kewajiban untuk menghadirkan keadilan dan kemaslahatan dalam kehidupan bermasyarakat. Maka tertuanglah perhatian Islam terhadap pelayanan kesehatan dalam Q.S An-Nahl ayat 90.

إِنَّ اللَّهَ يَأْمُرُ بِالْعَدْلِ وَالْإِحْسَانِ وَإِيتَاءِ ذِي الْقُرْبَىٰ وَيَنْهَىٰ عَنِ الْفَحْشَاءِ وَالْمُنْكَرِ وَالْبَغْيِ
يَعِظُكُمْ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿٩٠﴾

“*Sesungguhnya Allah menyuruh berlaku adil, berbuat kebajikan, dan memberikan bantuan kepada kerabat. Dia (juga) melarang perbuatan keji, kemungkaran, dan permusuhan. Dia memberi pelajaran kepadamu agar kamu selalu ingat.*” (Q.S. An-Nahl:90)

Ayat tersebut menyatakan bahwa kebijakan untuk meratakan akses layanan kesehatan harus dilakukan secara adil dan berorientasi pada kemaslahatan masyarakat. Dengan menggunakan metode F-AHP dan MOORA yang menghasilkan perhitungan bobot dan nilai preferensi secara objektif, maka keputusan yang dibuat pemerintah akan lebih tepat dan sesuai dengan prinsip keadilan dalam Islam. Dengan demikian, metode F-AHP dan MOORA dalam penelitian ini bukan hanya sekadar pendekatan ilmiah dalam menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan, tetapi juga merupakan penerapan nilai-nilai Islam yang mengedepankan keadilan (*al-'adalah*), kemaslahatan umum (*maslahah 'ammah*), perlindungan nyawa (*hifz al-nafs*), serta pengambilan kebijakan secara profesional dan proporsional. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pedoman bagi pemerintah dalam pengambilan keputusan yang berpihak pada peningkatan kualitas pelayanan kesehatan masyarakat, menuju kesejahteraan yang lebih merata, sebagai bentuk implementasi ajaran Islam yang *rahmatan lil 'alamin*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi F-AHP dan MOORA melalui matriks terbobot mampu menentukan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan di beberapa negara wilayah Eropa dan Asia Tengah berdasarkan dataset resmi WHO. Proses tersebut tercapai melalui tahapan perhitungan yang sistematis dan terstruktur sebagai berikut:

1. Hasil F-AHP menunjukkan bahwa urutan prioritas kriteria dari yang paling penting hingga yang paling rendah adalah jumlah dokter (K_1), jumlah perawat (K_2), jumlah bidan (K_3), jumlah dokter gigi (K_4), dan jumlah farmasi (K_5). Urutan ini menunjukkan bahwa kebutuhan dokter merupakan kriteria yang paling dominan dalam menentukan kebutuhan tenaga kesehatan. Bobot kriteria yang dihasilkan dari metode F-AHP selanjutnya digunakan dalam proses pembobotan pada metode MOORA untuk menghasilkan nilai preferensi setiap alternatif.
2. Hasil perhitungan nilai preferensi menggunakan metode MOORA menunjukkan bahwa tiga alternatif keputusan dengan prioritas kebutuhan tenaga kesehatan paling tinggi yaitu alternatif A_{15} yaitu San Marino, dengan nilai preferensi sebesar $-0,000233$, selanjutnya alternatif A_1 yaitu Andorra, dengan nilai preferensi sebesar $-0,000490$ dan A_{12} yaitu Montenegro, dengan nilai preferensi sebesar $-0,002111$. Hasil ini menunjukkan bahwa ketiga negara tersebut memiliki tingkat kebutuhan tenaga kesehatan yang lebih tinggi dibandingkan negara lainnya berdasarkan hasil perhitungan. Namun demikian,

hasil ini perlu diinterpretasikan secara tepat karena penelitian ini menggunakan data kebutuhan tenaga kesehatan dalam bentuk absolut tanpa mempertimbangkan jumlah penduduk maupun rasio tenaga kesehatan terhadap populasi. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh lebih merepresentasikan kebutuhan dalam skala total, bukan tingkat kecukupan tenaga kesehatan secara proporsional.

Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode F-AHP dan MOORA melalui matriks terbobot bisa memberikan hasil yang objektif dan terstruktur dalam menentukan alternatif keputusan yang paling membutuhkan tenaga kesehatan. Kombinasi kedua metode ini efektif digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan, khususnya dalam konteks perencanaan dan pemerataan tenaga kesehatan, dengan tetap mempertimbangkan keterbatasan data yang digunakan.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan kriteria jumlah penduduk sebagai salah satu variabel penilaian, sehingga hasil analisis yang diperoleh dapat lebih merepresentasikan kondisi nyata dan kebutuhan tenaga kesehatan secara lebih komprehensif. metode pengambilan keputusan dengan membandingkan beberapa pendekatan seperti TOPSIS, VIKOR, WASPAS, atau COPRAS agar hasilnya lebih lengkap. Dan disarankan menggunakan TrFN agar membantu dalam meningkatkan fleksibilitas dalam mengakomodasi ketidakpastian data. Selain itu, penggunaan perangkat lunak seperti Python, MATLAB, atau R dapat mempercepat proses analisis menjadi lebih efisien dan lebih mudah diterapkan pada berbagai jenis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdy, M. (2018). Penggunaan Bilangan Fuzzy Segitiga pada Perbandingan Kemampuan Proses. *Jurnal Matematika Statistika dan Komputasi*, 14(2), 137. <https://doi.org/10.20956/jmsk.v14i2.3552>
- Aditya, M. P., Ainy, A., Munawarah, S. H., & Kunci, K. (2025). Analisis Perencanaan Kebutuhan Tenaga Kesehatan Masyarakat di Puskesmas Kabupaten / Kota Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 20, 54–60.
- Ahmed, F., & Kilic, K. (2016). Comparison of Fuzzy Extent Analysis Technique and its Extensions with Original Eigen Vector Approach. *International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2016)*, 2(27), 174–179.
- Al Khoiry, I., Gernowo, R., & Surarso, B. (2022). Fuzzy-ahp moora approach for vendor selection applications. *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 8(1), 24–37. <https://doi.org/10.26594/REGISTER.V8I1.2356>
- Alam, S., Raodhah, S., & Surahmawati. (2018). Analisis Kebutuhan Tenaga Kesehatan (Paramedis) Berdasarkan Beban Kerja dengan Menggunakan Metode Workload Indicator Staffing Needs (WISN) di Poliklinik Ass-Syifah UIN Alauddin. *Al-Sihah : Public Health Science Journal*, 10, 216–226.
- Albeni, A. (2019). *Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Untuk Sistem Penyeleksian Bantuan Rumah Layak Huni*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Arundina, A., Tejoyuwono, T., Lusmilasari, L., Sudargo, T., Belakang, L., & Etik, K. (2018). Tenaga kesehatan sebagai contoh perilaku hidup sehat di masyarakat: penelitian kualitatif. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 34(11), 3–3. <https://jurnal.ugm.ac.id/bkm/article/view/40537>
- B, N. H., Rahman, H., & Puspitasari, A. (2020). Membandingkan Ketimpangan Ketersediaan Tenaga Kesehatan Puskesmas di Wilayah Indonesia Timur. *Window of Public Health Journal*, 1(1), 31–37.
- Fajri, M., Regasari, R., Putri, M., & Muflikhah, L. (2018). Implementasi Metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) Dalam Penentuan Peminatan di MAN 2 Kota Serang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(5), 2109–2117. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Gani, H., Abas, M. I., Ibrahim, I., Lasarudin, A., & Yunus, Y. (2023). Penerapan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Pengambilan Keputusan Perekrutan Tenaga Kesehatan. *KLIK:Kajian Ilmiah Informatika dan Jurnal*, 3(6), 1121–1128. <https://doi.org/10.30865/klik.v3i6.935>

- Gde, T., Friska, A., Gandhiadi, G. K., Putu, D., & Nilakusmawati, E. (2016). Penerapan Metode Fuzzy AHP dalam Penentuan Sektor yang Berpengaruh terhadap Perekonomian Provinsi Bali. *E-Jurnal Matematika Vol.*, 5(2), 59–66.
- Handayani, L., Ma'ruf, N. A., & Sopacua, E. (2010). Peran Tenaga Kesehatan Sebagai Pelaksana. *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan*, 13(1), 12–20.
- Helgesen, A. K., Nome, C. M., Stenbjerg, J. K., Arnesen, M. H., Aardalen, T. R., Dilles, T., & Grøndahl, V. A. (2024). *Pharmaceutical Care in Primary Healthcare—A Study of Nurses', Pharmacists', and Physicians' Experiences of Interprofessional Collaboration*.
- Hutabarat, M., & Hutasuhut, M. (2025). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Depo Baru Berbasis Kombinasi Metode Ahp Dengan Metode Moora. *Jurnal Sistem Informasi TGD*, 4, 608–617.
- Indonesia, P. K. (2022). *Profil Kesehatan Indonesia. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta*.
- Kasemi, E. C., & Vardari, L. (2022). Comparison of Two Different Judgment Scales with the AHP:GSM Operator Preference of University Student. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 14(3), 1–16.
- Kemenag. (n.d.). *Al-Qur'an*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Kurnia, J. A., Utama, L., Fatimah, R., & Wahyuning, D. E. (2025). Integrasi Nilai-nilai Al- Qur ' an dalam Patient-Centered Care : Tinjauan Literatur QS Al- Mā ' idah Ayat 32 dalam Konteks Manajemen Rumah Sakit. *Kalamizu : Jurnal Sains, Sosial, dan Studi Agama*, 1(5), 545–554.
- Kusrini. (2007). Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan. *Penerbit Andi 2007*, 14–21.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2019). Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. *Graha Ilmu*, 2.
- M. Asrori, A. Z. F. (2011). Implementasi Penentuan Pemberian Tunjangan Pendidik & Tenaga Kependidikan Berbasis Fuzzy Database Model Tahani. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 17(4), 419–432.
- Murtadho, M. Z., & Sulastri. (2023). Implementasi AHP-Moora Dalam Sistem Penilaian Kinerja Karyawan PT. Telkom Akses (PTTA). *Jurnal Teknik Informatika Unika ST. Thomas (JTIUST)*, 08, 2657–1501.
- Naradhipa, R. A., & Wasir, R. (2025). Faktor strategis dalam retensi tenaga kesehatan di wilayah terpencil indonesia. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6, 5939–5945.

- Nurhaliza, N., Adha, R., & Mustakim, M. (2022). Perbandingan Metode Ahp, Topsis, Dan Moora Untuk Rekomendasi Penerima Beasiswa Kurang Mampu. *Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Manajemen Sistem Informasi*, 8(1), 23. <https://doi.org/10.24014/rmsi.v8i1.15298>
- Octaviani, P., Fitri, T. A., Kurnia, I. P., Wasir, R., & Arbitera, C. (2024). Perencanaan SDM kesehatan: Mewujudkan kebutuhan tenaga kesehatan melalui strategi yang efektif. *Indonesian Journal of Health Science*, 4(6s), 953–960. <https://doi.org/10.54957/ijhs.v4i6s.1275>
- Peraturan Pemerintah RI. (2014). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang Tenaga Kesehatan (UU Nomor 36 Tahun 2014). *Presiden Republik Indonesia*.
- Princy, S., & Dhenakaran, S. (2016). Comparison of Triangular and Trapezoidal Fuzzy Membership Function. *Journal of Computer Science and Engineering*, 2(8), 46–51.
- Purwaningsih, E. (2023). Kebijakan Terkait Krisis Kesehatan : Analisa Kebutuhan Tenaga Kesehatan Selama Pandemi Covid-19 di Indonesia. *Jurnal Kebijakan Kesehatan Indonesia: JKKI*, 12(02), 66–73.
- Rahmansyah, N., & Lusinia, S. A. (2016). Buku Ajar Sistem Pendukung Keputusan. In *Sistem Pendukung Keputusan*. <https://doi.org/10.1063/1.1935433>
- Rezki, M., Jufra, Muhtar, N., Somayasa, W., ALfian, Aswani, & Wibawa, G. A. (2023). Penerapan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) sebagai Sistem Pendukung Keputusan dalam Pemilihan Siswa Berprestasi di Sekolah (studi Kasus: Siswa Kelas VII dan Kelas VIII SMPN 2 Tongkuno). 3(3), 451–460.
- Rindengan, A. ., & Yohanes, A. . L. (2019). Sistem Fuzzy. In *Sistem Fuzzy*.
- Rizdania, R. (2021). Sistem Pendukung Keputusan (SPK) Pemilihan Jurusan Perguruan Tinggi Menggunakan Algoritma Fuzzy Mamdani. *Jurnal Tecnosienza*, 6(1), 30–42. <https://doi.org/10.51158/tecnosienza.v6i1.529>
- Rohman, M. S., Vitianingsih, A. V., Maukar, A. L., Kacung, S., & Pamudi. (2023). Sistem Rekomendasi Prioritas Bantuan Industri Kecil dan Menengah (IKM) Dengan Metode AHP dan MOORA. *Teknika*, 12(3), 212–219. <https://doi.org/10.34148/teknika.v12i3.681>
- Saelan, A. (2009). Logika Fuzzy. *Makalah If2091 Struktur Diskrit Tahun 2009*, 1(13508029), 1–5.
- Sanjaya, M. A., Syahputra, T., Hasan, A., & Asy, A. (2025). Sistem Pendukung Keputusan Kelayakan Pengajuan Dana Pinjaman Menggunakan Metode MOORA. *Jurnal Sistem Informasi TGD*, 4, 518–527.

- Santosa, H. (2015). Kebutuhan dan Perencanaan Tenaga Kesehatan di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Kebijakan Kesehatan Indonesia: JKKI*, 04(01), 37–42.
- Saputra, F. P., Hidayat, N., & Furqon, M. T. (2018). Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP) Untuk Menentukan Besar Pinjaman Pada Koperasi. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(4), 1761–1767. <file:///C:/Users/DELL/Downloads/1352-1-10168-1-10-20170905.pdf>
- Sari, E. R., & Alisah, E. (2012). Studi Tentang Persamaan Fuzzy. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 2(2), 55–65. <https://doi.org/10.18860/ca.v2i2.2228>
- Sembiring, F., Fauzi, M. T., Khalifah, S., Khotimah, A. K., & Rubiati, Y. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Penerima Bantuan Covid 19 menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW) (Studi Kasus: Desa Sundawenang). *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika (Telekomunikasi, Multimedia dan Informatika)*, 11(2), 97–101.
- Shabrina, T., & Sinaga, B. (2021). Penerapan Metode MOORA pada Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Siswa Penerima Bantuan Miskin. *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*, 12(2a), 161–172. <https://doi.org/10.47927/jikb.v12i2a.214>
- Shihab, M. Q. (2009). Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an. In *V* (Vol. 15).
- Singhal, K. (2023). Nursing and Midwifery : Collaborative Roles in Healthcare Professionals. *International Research Journal of Nursing and Midwifery*, 12(3), 1–4. <https://doi.org/10.14303/2315-568X.2022.50>
- Situmorang, N. E., Syahputra, Y. H., & Syahputri, A. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Status Asesor Menggunakan Metode MOORA. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 1(3), 108. <https://doi.org/10.53513/jursi.v1i3.4824>
- Stuart, J., Hoang, H., Crocombe, L., & Barnett, T. (2017). Relationships between dental personnel and non-dental primary health care providers in rural and remote Queensland , Australia : dental perspectives. *BMC Oral Health*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0389-y>
- Suhaimi, Rezi, M., & Hakim, M. R. (2023). Maqāṣid al-Sharī'ah: Teori dan Implementasi. *Sahaja: Journal Shariah And Humanities*, 2(1), hlm. 162-166.
- Sukowati, S., & Shinta. (2021). Analisa Faktor-Faktor Keberhasilan Manajemen Proyek pada PT.Sucofindo (PERSERO) (Studi kasus: Pelaksanaan Pekerjaan PT. Sucofindo (PERSERO) Cab. Kota Bandung Pada Tahun 2009 Hingga

2019). *Media Litbang Kesehatan*.

- Susanti, A., Laili, N., & Hartono, D. (2024). Hubungan Peran Tenaga Kesehatan Dengan Kepatuhan Kunjungan Posbindu Ptm Di Desa Kebonsari Kecamatan Sumbersuko Kabupaten Lumajang. *Jurnal Keperawatan*, 18(1), 30–39. <https://doi.org/10.56586/jk.v18i1.382>
- Tas'au, E., Widiastuti, T., & Polly, Y. T. (2025). 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. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 6(2), 1–18.
- Umar, M. K. G., Sumarna, Yani, A., Kalua, A. L., & Surahman, A. (2024). *Menggunakan Fuzzy Multiple Cv . Keranjang Teknologi Media*.
- Utami, R. S., Imrona, D. M., Pudjoatmojo, B., & Si, S. (2016). *Analisis Dan Implementasi Metode Fuzzy AHP Dan ELECTRE Pada Sistem Pengambilan Keputusan (Studi Kasus : Evaluasi Diri Lembaga PAUD PP-PAUDNI Regional II Semarang)*. 6.
- Wahyuni, I. (2021). Logika Fuzzy Tahani (Teori dan Implementasi). In *Komojoyo Press (Anggota IKAPI)*.
- World Health Organization, W. (2023). *National Health Workforce Accounts Data Portal*. <https://apps.who.int/nhwportal/>
- Worldometer. (n.d.). *Negara Terbesar di Dunia Berdasarkan Luas Wilayah*. <https://www.worldometers.info/id/geografi/negara-terbesar-di-dunia/>
- Yanifa, Arifianto, D., & Nilogiri, A. (2020). Implementasi metode moora. *JSON (Jurnal Sistem Komputer dan Informatika)*. <https://jurnal.polgan.ac.id/index.php/remik/article/view/10401>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Link Data Keseluruhan

(https://docs.google.com/spreadsheets/d/11HDDTG4qBRIhHX-oavOhIzcrLV5B0zCn/edit?usp=drive_link&ouid=114220748790267672097&rtpof=true&sd=true)

Lampiran 2 Data Tenaga Kesehatan Tahun 2023

Alternatif Keputusan	Jumlah Dokter	Jumlah Perawat	Jumlah Bidan	Jumlah Gigi	Jumlah Tenaga Farmasi	Luas Daratan
Andorra	408	365	17	98	79	470
Belarus	43.111	94.098	4.488	5.550	4.100	202.910
Bulgaria	29.036	28.570	3.253	7.672	6.303	108.560
Estonia	4.772	9.103	523	1.407	955	42.390
Finland	16.102	70.722	2.204	3.893	6.504	303.890
Germany	338.343	1.020.000	28.000	71.738	56.219	348.560
Ireland	20.135	72.543	4.251	2.466	5.744	68.890
Italy	315.720	404.497	17.659	48.575	82.394	294.140
Kazakhstan	76.328	126.237	7.964	4.338	6.516	2.699.700
Latvia	6.309	7.828	383	1.352	1.607	62.200
Lithuania	13.256	21.455	778	3.325	2.700	62.674
Montenegro	1.764	3.602	250	37	174	13.450
Netherlands	69.985	198.573	4.615	10.136	3.900	33.720
Portugal	62.813	80.238	3.300	12.776	10.442	91.590
San Marino	156	303	15	25	37	60
Slovenia	7.430	22.218	411	1.623	1.566	20.140
Turkiye	204.223	248.287	59.750	45.718	40.610	769.630
Uzbekistan	82.823	361.351	20.211	4.627	1.211	425.400
Spain	212.201	284.232	13.833	31.033	59.667	498.800
Turkmenistan	14.244	24.519	1.167	910	1.026	469.930

Lampiran 3 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

Lampiran 4 Hasil Normalisasi Keputusan

Alternatif (A)	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
A_1	0,000714	0,000292	0,000231	0,000935	0,000635	0,000157
A_2	0,075472	0,075327	0,060975	0,052930	0,032961	0,067981
A_3	0,050832	0,022871	0,044196	0,073168	0,050671	0,036371
A_4	0,008354	0,007287	0,007106	0,013419	0,007677	0,014202
A_5	0,028189	0,056614	0,029944	0,037128	0,052287	0,101812
A_6	0,592322	0,816528	0,380411	0,684167	0,451956	0,116778
A_7	0,035249	0,058072	0,057755	0,023518	0,046177	0,023080
A_8	0,552717	0,323807	0,239917	0,463261	0,662382	0,098546

Alternatif (A)	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
A ₉	0,133624	0,101055	0,108200	0,041372	0,052383	0,904480
A ₁₀	0,011045	0,006266	0,005203	0,012894	0,012919	0,020839
A ₁₁	0,023207	0,017175	0,010570	0,031711	0,021706	0,020998
A ₁₂	0,003088	0,002883	0,003397	0,000353	0,001399	0,004506
A ₁₃	0,122520	0,158961	0,062700	0,096667	0,031353	0,011297
A ₁₄	0,109964	0,064232	0,044834	0,121845	0,083945	0,030685
A ₁₅	0,000273	0,000243	0,000204	0,000238	0,000297	0,000020
A ₁₆	0,013007	0,017786	0,005584	0,015479	0,012589	0,006748
A ₁₇	0,357524	0,198758	0,811771	0,436013	0,326472	0,257849
A ₁₈	0,144994	0,289268	0,274589	0,044128	0,009735	0,142522
A ₁₉	0,371491	0,227533	0,187937	0,295962	0,479675	0,167113
A ₂₀	0,024936	0,019628	0,015855	0,008679	0,008248	0,157441

Lampiran 5 Hasil Matriks Terbobot

Alternatif (A)	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆
A ₁	0,000242	0,000078	0,000032	0,000098	0,000051	0,000011
A ₂	0,025593	0,020052	0,008384	0,005574	0,002660	0,004840
A ₃	0,017237	0,006088	0,006077	0,007705	0,004089	0,002590
A ₄	0,002833	0,001940	0,000977	0,001413	0,000620	0,001011
A ₅	0,009559	0,015071	0,004117	0,003910	0,004220	0,007249
A ₆	0,200856	0,217360	0,052307	0,072043	0,036473	0,008315
A ₇	0,011953	0,015459	0,007941	0,002476	0,003726	0,001643
A ₈	0,187426	0,086197	0,032989	0,048781	0,053454	0,007016
A ₉	0,045312	0,026901	0,014877	0,004356	0,004227	0,064399
A ₁₀	0,003745	0,001668	0,000715	0,001358	0,001043	0,001484
A ₁₁	0,007869	0,004572	0,001453	0,003339	0,001752	0,001495
A ₁₂	0,001047	0,000768	0,000467	0,000037	0,000113	0,000321
A ₁₃	0,041546	0,042315	0,008621	0,010179	0,002530	0,000804
A ₁₄	0,037289	0,017099	0,006165	0,012830	0,006774	0,002185
A ₁₅	0,000093	0,000065	0,000028	0,000025	0,000024	0,000001
A ₁₆	0,004411	0,004735	0,000768	0,001630	0,001016	0,000480
A ₁₇	0,121236	0,052909	0,111618	0,045912	0,026346	0,018359

Alternatif (A)	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
A_{18}	0,049168	0,077003	0,037756	0,004647	0,000786	0,010148
A_{19}	0,125972	0,060569	0,025841	0,031165	0,038710	0,011898
A_{20}	0,008456	0,005225	0,002180	0,000914	0,000666	0,011210

Lampiran 6 Hasil Nilai Preferensi

Alternatif (A)	Nilai Preferensi
A_1	-0,000490
A_2	-0,057422
A_3	-0,038606
A_4	-0,006771
A_5	-0,029627
A_6	-0,570724
A_7	-0,039913
A_8	-0,401831
A_9	-0,031275
A_{10}	-0,007046
A_{11}	-0,017491
A_{12}	-0,002111
A_{13}	-0,104388
A_{14}	-0,077972
A_{15}	-0,000233
A_{16}	-0,012079
A_{17}	-0,339664
A_{18}	-0,159212
A_{19}	-0,270359
A_{20}	-0,006231

Lampiran 7 Hasil Perangkingan

Alternatif (<i>A</i>)	Nilai Preferensi Alternatif (<i>P_i</i>)	Ranking
San Marino	-0,000233	1
Andorra	-0,000490	2
Montenegro	-0,002111	3
Turkmenistan	-0,006231	4
Estonia	-0,006771	5
Latvia	-0,007046	6
Slovenia	-0,012079	7
Lithuania	-0,017491	8
Finland	-0,029627	9
Kazakhstan	-0,031275	10
Bulgaria	-0,038606	11
Ireland	-0,039913	12
Belarus	-0,057422	13
Portugal	-0,077972	14
Netherlands	-0,104388	15
Uzbekistan	-0,159212	16
Spain	-0,270359	17
Turkiye	-0,339664	18
Italy	-0,401831	19
Germany	-0,570724	20

RIWAYAT HIDUP



Adellia Fitria Marta Dewi, biasa dipanggil Adellia, lahir di Kabupaten Tuban pada tanggal 29 Maret 2004. Penulis merupakan anak bungsu dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Ngadi dan Ibu Darsimah. Penulis bertempat tinggal di Desa Penidon, Kecamatan Plumpang, Kabupaten Tuban. Perjalanan pendidikan penulis dimulai dengan menempuh pendidikan di TK Mardi Putro pada tahun 2008 dan lulus pada tahun 2010. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Penidon pada tahun 2010 dan lulus pada tahun 2016. Pendidikan menengah pertama ditempuh di SMP Negeri 1 Plumpang dari tahun 2016 hingga 2019. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Widang pada tahun 2019 dan lulus pada tahun 2022. Setelah menyelesaikan pendidikan menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 (S1) di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, dengan mengambil Program Studi Matematika pada Fakultas Sains dan Teknologi sejak tahun 2022.



BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Adellia Fitria Marta Dewi
NIM : 220601110052
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Penerapan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP)*
dan *Multi Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA)* dengan Matriks Terbobot dalam
Menentukan Prioritas Kebutuhan Tenaga Kesehatan
Pembimbing I : Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si, Ph.D.
Pembimbing II : Ach. Nashichuddin, M.A.

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	9 September 2025	Pembahasan Topik	1.
2.	16 September 2025	Konsultasi Latar Belakang	2.
3.	23 September 2025	Konsultasi Bab I, II, III	3.
4.	24 September 2025	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	4.
5.	30 September 2025	Revisi Bab I, II, III	5.
6.	2 Oktober 2025	ACC Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	7 Oktober 2025	ACC Bab I, II, dan III	7.
8.	29 Oktober 2025	ACC Seminar Proposal	8.
9.	25 November 2025	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	9.
10.	2 Desember 2025	Konsultasi Bab IV dan V	10.
11.	2 Desember 2025	Kosultasi Kajian Agama Bab IV	11.



KEMENTERIAN AGAMA RI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM

MALANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933

12.	3 Desember 2025	ACC Kajian Agama Bab IV	12.
13.	9 Desember 2025	Revisi Bab IV dan V	13.
14.	22 Desember 2025	Konsultasi Bab IV dan V	14.
15.	23 Desember 2025	ACC Bab IV dan V	15.
16.	29 Januari 2026	ACC Seminar Hasil	16.
17.	12 Februari 2026	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	17.
18.	19 Februari 2026	Revisi Seminar Hasil	18.
19.	11 Maret 2026	Sidang Skripsi	19.
20.	20 April 2026	ACC Keseluruhan	20.

Malang, 20 April 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Fachrud Rozi, M.Si

NIP. 198005272008011012