

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penerapan *Best Worst Method (BWM)* telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi energi, termasuk pada sektor perumahan. Studi ini mengaplikasikan *BWM* untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mendorong efisiensi energi di rumah tinggal kelas menengah di kawasan perkotaan India selatan. Berdasarkan survei terhadap 125 rumah, teridentifikasi 5 faktor utama yang mendorong efisiensi energi seperti motivasi, pendidikan dan kesadaran, faktor pemaksa, perilaku penghuni dan penggunaan peralatan hemat energi. Berdasarkan 15 subfaktor yang dianalisis, 3 subfaktor teratas yang paling berpengaruh adalah motivasi finansial, perilaku psikologis dan inspirasi untuk menghemat energi. Hasil penelitian ini menyoroti pentingnya bobot faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi energi dan memberikan wawasan praktis untuk meningkatkan efisiensi energi di bangunan tempat tinggal (Qarnain, dkk, 2020).

Pendekatan yang sistematis dan objektif untuk pengambilan keputusan multi-kriteria diperlukan dalam evaluasi kualitas layanan di berbagai bidang, termasuk sektor kesehatan. Evaluasi kualitas layanan rumah sakit menggunakan metode *Best Worst Method (BWM)* telah terbukti efektif dan efisien dalam menangani masalah pengambilan keputusan multi-kriteria. Pendekatan *BWM* ini mengintegrasikan metode tradisional dengan *Theory of belief functions* yang memungkinkan perbandingan antara kriteria dan alternatif dengan menggunakan istilah linguistik dan tingkat kepercayaan dari pengambil keputusan. Hasil dari studi kasus menunjukkan bahwa kerangka evaluasi *BWM* efektif dalam meningkatkan kualitas layanan rumah sakit. Dari perspektif manajemen, metode ini dapat membantu mengidentifikasi kelemahan dalam sistem, meningkatkan kinerja serta memberikan pelayanan kesehatan yang lebih baik kepada pasien (Fei, dkk, 2020).

Penelitian ini mengevaluasi kinerja karyawan dengan menerapkan metode *SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique)*. Evaluasi dilakukan berdasarkan 5 kriteria utama yaitu kualitas pekerjaan, integritas, loyalitas, kedisiplinan dan kepribadian. Sebanyak 10 karyawan dipilih melalui metode *Cluster Random Sampling* untuk memastikan keberagaman data. Untuk mengukur kinerja metode *SMART* dilakukan pengujian menggunakan *Confusion Matrix*. Hasil pengujian menunjukkan tingkat *accuracy* mencapai 90%, *precision* sebesar 100%, *recall* 88,88%, dan *specificity* 94,12%. Temuan ini mengindikasikan bahwa metode *SMART* mampu memberikan evaluasi kinerja yang akurat dan dapat diandalkan sehingga dapat menjadi alat yang efektif dalam penilaian kinerja karyawan di berbagai organisasi (Setiawan, dkk, 2020).

Penerapan metode *SMART* dalam mengevaluasi pertumbuhan dan perkembangan balita menggunakan kriteria seperti berat badan menurut umur, tinggi badan menurut umur dan berat badan menurut tinggi badan menunjukkan hasil yang positif melalui proses perhitungan nilai guna dan nilai akhir. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan menggunakan data dari 107 balita yang menghasilkan tingkat kesesuaian sebesar 93% antara perhitungan yang dilakukan dengan metode *SMART* dan perhitungan manual. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *SMART* efektif dan dapat diandalkan untuk menilai pertumbuhan dan perkembangan balita secara akurat (Wahana, dkk, 2020).

Integrasi metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)* dan *PROMETHEE II* digunakan untuk memilih pemasok dalam proyek perkeretaapian. *AHP* menentukan bobot kriteria, sedangkan *PROMETHEE II* membandingkan alternatif berdasarkan kriteria yang dipilih untuk pemeringkatan. Studi ini melibatkan 4 pengambil keputusan, 5 alternatif pemasok dan 8 kriteria khusus. Hasil dari penerapan *AHP-PROMETHEE II* dapat dimanfaatkan untuk menganalisis urutan yang optimal dari yang paling baik hingga yang paling buruk. Namun untuk meningkatkan presisi dan tingkat keberhasilan perlu menambahkan metode lain yang dapat mengatasi ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam pengambilan keputusan (Isa, dkk, 2021).

Penerapan metode *PROMETHEE* dan *GAIA* (*Geometrical Analysis for Interactive Aid*) untuk menilai kinerja dosen dengan kriteria Publikasi internasional dalam database bereputasi baik, Hak Paten, Publikasi Nasional di SINTA 1-2, Hibah Nasional dan Publikasi Nasional di SINTA 3-4. Metode *PROMETHEE* digunakan sebagai model pengambilan keputusan multi-kriteria yang memungkinkan perbandingan dan perankingan alternatif berdasarkan preferensi, sementara *GAIA* berfungsi sebagai alat analisis geometris yang memberikan visualisasi interaktif untuk memahami hubungan kompleks antara kriteria dan alternatif. Kombinasi metode tersebut memudahkan pengambilan keputusan dalam evaluasi kinerja dosen yang melibatkan banyak atribut evaluasi (Watrianthos, dkk, 2021).

Metode *Best-Worst PROMETHEE* digunakan untuk meranking 16.500 sekolah di 66 negara berdasarkan pencapaian rata-rata siswa dalam matematika, bahasa dan sains dalam Program Penilaian Siswa Internasional. Hasilnya menunjukkan perbedaan kinerja yang signifikan antara sekolah-sekolah di berbagai negara dengan negara-negara Eropa dan Asia mendominasi peringkat teratas, sedangkan negara-negara di Afrika Utara, Timur Tengah dan Amerika Selatan mendominasi peringkat terbawah. Penelitian ini juga menemukan bahwa tidak ada trade-off yang signifikan antara kesetaraan pendidikan dan kinerja sekolah di tingkat negara (Ishizaka dan Resce, 2021).

Penelitian ini mengevaluasi situs web taman nasional Italia sebagai konten lingkungan, dengan membandingkan *PROMETHEE* terhadap tiga model MCDM umum lainnya yaitu SAW, WPM dan TOPSIS serta melakukan analisis sensitivitas menggunakan *Spearman's Rho* untuk mendapatkan perbandingan yang lebih komprehensif. Hasil penelitian menunjukkan nilai *Spearman's Rho* untuk SAW = 0,929, WPM = 0,936, *PROMETHEE* = 0,967, dan TOPSIS = 0,841. Temuan ini mengindikasikan bahwa *PROMETHEE* memiliki tingkat kesesuaian yang lebih tinggi dalam pemeringkatan situs web lingkungan dibandingkan dengan ketiga metode lainnya. Selain itu, *PROMETHEE* juga menunjukkan kestabilan yang lebih baik terhadap perubahan bobot kriteria, sehingga menjadikannya metode yang lebih

andal dan efektif untuk mengevaluasi konten lingkungan secara komprehensif (Kabassi dan Martinis, 2021).

Penelitian ini menerapkan metode *SMART* untuk menghitung kriteria-kriteria yang digunakan sebagai tolok ukur dalam menentukan jenis tanaman yang sesuai berdasarkan kandungan tanah. Sistem Pendukung Keputusan yang dibangun menggunakan enam kriteria yaitu humus, regosol, alluvial, grumusol, andosol, dan nitrogen. Pengujian faktor-faktor yang mendukung keputusan pemilihan jenis tanaman dilakukan dengan menggunakan *McCall's quality* yang diukur melalui tiga aspek. Dari hasil pengujian yang melibatkan 15 responden, diperoleh nilai untuk aspek *correctness* sebesar 71,33%, aspek *stability* juga 71,33%, aspek *reliability* sebesar 67,1%, dan aspek *usability* sebesar 48,27%. Secara keseluruhan, hasil dari ketiga aspek pengujian menunjukkan nilai sebesar 62,37%, yang menunjukkan bahwa sistem ini tergolong baik dan layak untuk digunakan (Yumarlin, dkk, 2022).

Penelitian ini menggunakan metode *Best Worst Method (BWM)* untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan tantangan adopsi teknologi drone di sektor logistik. Dari tinjauan literatur dan konsultasi dengan para ahli, ditemukan 34 tantangan dalam tujuh dimensi utama. BWM kemudian diterapkan untuk menentukan peringkat tantangan-tantangan utama dan sub-kriteria terkait. Hasilnya menunjukkan bahwa tantangan terbesar adalah serangan teroris, kurangnya regulasi hukum, kesulitan perizinan penerbangan, pembatasan area terbang karena batasan garis pandang visual dan perlindungan data pribadi. Kesimpulan ini menekankan pentingnya mengatasi tantangan-tantangan tersebut guna meningkatkan adopsi teknologi drone di sektor logistik (Çıkmak, dkk, 2023).

Secara umum, ringkasan dari berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat ditemukan pada Tabel 2.1. Tabel ini menyajikan gambaran menyeluruh mengenai temuan-temuan penting yang telah dicapai dalam berbagai studi terdahulu. Dalam tabel ini juga menyertakan informasi mengenai metode yang digunakan dalam penelitian-penelitian tersebut sehingga memberikan wawasan yang mendalam tentang perkembangan penelitian serta pendekatan yang telah diterapkan dalam literatur yang ada.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Judul	Metode	Keterangan
1	Modelling of Driving Factors For Energy Efficiency in Buildings Using Best Worst Method (Qarnain, dkk, 2020)	<i>Best Worst Method</i>	<i>Best Worst Method</i> mampu menetapkan prioritas secara jelas, mengidentifikasi faktor utama efisiensi energi dengan akurat, mengolah data survei besar dengan efektif dan membantu fokus pada faktor paling berdampak.
2	An Extended Best-Worst Multi-Criteria Decision-Making Method by Belief Functions and Its Applications in Hospital Service Evaluation (Fei, dkk, 2020)	<i>Best Worst Method</i> dan <i>Theory of Belief Functions</i>	<i>Best Worst Method</i> mampu mengurangi ketidakkonsistenan hasil dan membutuhkan sedikit perbandingan berpasangan, serta fleksibel dan efektif dalam menangani masalah pengambilan keputusan multikriteria.
3	Employee Performance Evaluation Decision Support System with the SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique) Method (Setiawan, dkk, 2020)	<i>SMART</i>	Hasil pengukuran performa menggunakan confusion matrix untuk evaluasi kinerja karyawan dengan metode <i>SMART</i> diperoleh hasil accuracy sebesar 90%, precision mencapai 100%, recall sebesar 88,88%, dan specificity sebesar 94,12%.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (lanjutan 1)

No	Judul	Metode	Keterangan
4	Implementation of the Simple Multi Attribute Rating Technique Method (SMART) in Determining Toddler Growth (Wahana, dkk, 2020)	<i>SMART</i>	Hasil pengujian 107 balita menunjukkan akurasi 93% sehingga membuktikan bahwa metode <i>SMART</i> efektif untuk memantau tumbuh kembang balita.
5	The Application of AHP-PROMETHEE II for Supplier Selection (Isa, dkk, 2021)	<i>AHP</i> dan <i>PROMETHEE</i>	Metode tambahan diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam menghadapi ketidakpastian dan ketidakjelasan keputusan.
6	Implementation of PROMETHEE-GAIA Method for Lecturer Performance Evaluation (Watrianthos, dkk, 2021)	<i>PROMETHEE</i> dan <i>GAIA</i>	Kombinasi metode tersebut memberikan bantuan visual dalam pengambilan keputusan tetapi memiliki kompleksitas visualisasi yang tinggi dan potensi interpretasi yang subjektif.
7	Best-Worst PROMETHEE Method for Evaluating School Performance in The OECD's PISA Project (Ishizaka dan Resce, 2021)	<i>Best Worst PROMETHEE Method</i> dan <i>PROMETHEE</i>	<i>Best Worst PROMETHEE</i> mengurangi kompleksitas perbandingan untuk pembobotan kriteria dan menilai alternatif dengan cara membandingkan tiap alternatif agar menghasilkan keputusan yang objektif.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (lanjutan 2)

No	Judul	Metode	Keterangan
8	Sensitivity Analysis of PROMETHEE II for the Evaluation of Environmental Websites (Kabassi dan Martinis, 2021)	SAW, WPM, PROMETHEE dan TOPSIS	Analisis sensitivitas perbandingan berpasangan pada model MCDM menunjukkan nilai SAW = 0,929, WPM = 0,936, PROMETHEE = 0,967 dan TOPSIS = 0,841.
9	Decision Support System Determining Types of Food Crops Based on Soil Content Using the SMART Method (Simple Multi Attribute Rating Technique) and McCall (Yumarlin, dkk, 2022)	SMART dan McCall	Dari hasil pengujian diperoleh untuk aspek <i>correctness</i> dengan nilai 71,33%, aspek <i>stability</i> dengan nilai 71,33%, aspek <i>reliability</i> dengan nilai 67,1%, dan aspek <i>usability</i> dengan nilai 48,27%.
10	Analyzing the Challenges to Adoption of Drones in the Logistics Sector Using the Best-Worst Method (Çıkmak, dkk, 2023)	Best Worst Method	<i>Best Worst Method</i> mampu menentukan peringkat tantangan adopsi teknologi dengan memilih kriteria terbaik dan terburuk.

2.2. Dasar Teori

Teori-teori yang diterapkan dalam penelitian ini sangat relevan dan memiliki keterkaitan yang signifikan dengan fokus penelitian yang melibatkan konsep-konsep seperti Sistem Pendukung Keputusan, *Best Worst Method*, *SMART*, *PROMETHEE*, *Confusion Matrix* dan *Spearman's Rho Correlation*.

2.2.1. Sistem Pendukung Keputusan

Sistem Pendukung Keputusan atau *Decision Support System* merupakan sistem informasi interaktif yang menyediakan informasi, pemodelan, dan manipulasi data. Pendekatan sistem ini didefinisikan sebagai kumpulan elemen, komponen, atau subsistem, yang sering diterima karena suatu sistem bisa terdiri dari beberapa subsistem atau bagian sistem lainnya (Nurlela, dkk, 2020). Secara mendasar, sistem pendukung keputusan merupakan evolusi dari sistem informasi manajemen yang terkomputerisasi yang didesain untuk berinteraksi dengan penggunanya. Sifat interaktif ini bertujuan untuk mempermudah integrasi antara berbagai komponen dalam proses pengambilan keputusan seperti prosedur, kebijakan, teknik analisis, pengalaman dan wawasan manajerial untuk membentuk kerangka keputusan yang fleksibel (Kuswanto, 2020).

Sistem Pendukung Keputusan dirancang untuk mendukung semua orang yang terlibat dalam pengambilan keputusan. Proses ini dimulai dari menganalisis masalah, memilih data yang relevan dan memilih pendekatan yang tepat untuk pengambilan keputusan serta kemudian melibatkan langkah-langkah evaluasi terhadap alternatif-alternatif yang dipilih. Pengambilan keputusan haruslah didasarkan pada pertimbangan yang logis agar dapat diterima oleh semua pihak yang terlibat. Untuk itu, diperlukan suatu sistem yang dapat membantu dalam menghasilkan keputusan yang tepat (Putra, dkk, 2021). Terdapat 5 karakteristik utama sistem pendukung keputusan yaitu:

1. Sistem harus berbasis komputer
2. Penggunaan keputusan sebagai langkah untuk memfasilitasi penyelesaian masalah.
3. Jika menghadapi masalah yang kompleks dan tidak terstruktur, penyelesaiannya tidak mungkin dilakukan secara manual.
4. Terdapat interaksi langsung antara pengguna dan sistem.
5. Model dan analisis data merupakan komponen utama dari sistem ini.

Meskipun tujuan dari sistem pendukung keputusan untuk menyelesaikan masalah semi-terstruktur, sistem pendukung keputusan membantu manajer dalam

membuat keputusan dan meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan bukan efisiensi (Pertiwi, dkk, 2021). Proses pengambilan keputusan terdiri dari tiga fase, yaitu:

1. Fase *intelligence* merupakan fase awal di mana kondisi-kondisi yang memungkinkan pengambilan keputusan dikumpulkan dan dipahami dengan baik. Manajer harus memiliki pemahaman yang mendalam tentang masalah yang dihadapi dan lingkungan di sekitarnya untuk mengidentifikasi solusi yang paling tepat.
2. Fase *design* merupakan fase di mana bahan-bahan yang potensial untuk dikerjakan ditemukan, dikembangkan dan dianalisis secara mendalam. Pada fase ini, manajer harus mampu mengumpulkan data yang relevan, mengidentifikasi alternatif-alternatif yang mungkin dan menganalisis konsekuensi dari setiap alternatif tersebut.
3. Fase *choice* merupakan fase di mana manajer harus memilih alternatif yang paling sesuai dengan kondisi dan kebutuhan perusahaan. Keputusan akhir haruslah didasarkan pada analisis yang cermat dan pertimbangan yang matang terhadap setiap alternatif yang ada.

Aplikasi sistem pendukung keputusan dapat terdiri dari beberapa subsistem, yaitu:

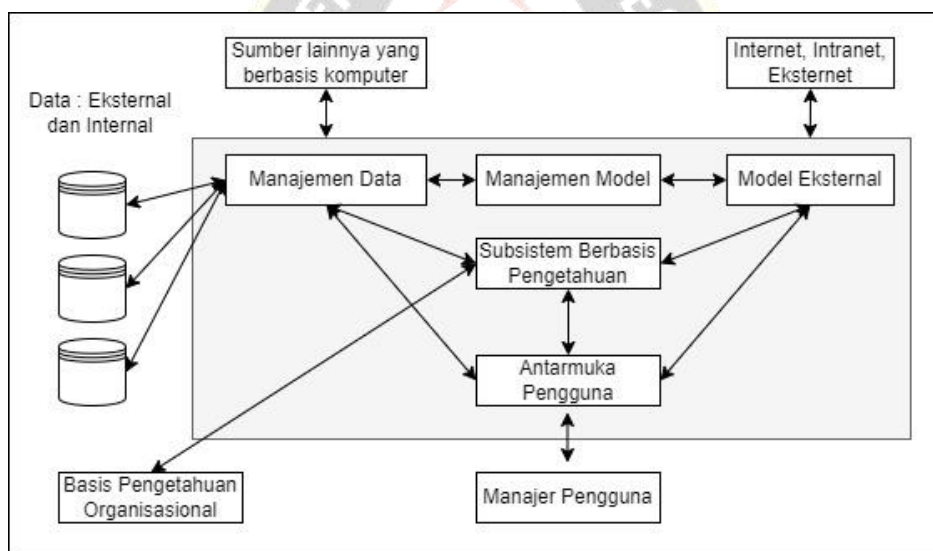
1. Subsistem Manajemen Data
Memasukkan basis data yang berisi data yang relevan untuk suatu situasi dan dikelola oleh perangkat lunak yang disebut sistem manajemen basis data atau *Database Management System (DBMS)*. Subsistem ini dapat dihubungkan dengan warehouse perusahaan, suatu repositori untuk data perusahaan atau organisasi yang relevan dengan pengambilan keputusan.
2. Subsistem Manajemen Model
Paket perangkat lunak ini mencakup model keuangan, statistik, manajemen, atau kuantitatif lainnya untuk analitik dan manajemen model kustom sering disebut *Model Base Management System (MBMS)*. Komponen ini dapat terhubung ke penyimpanan korporat atau eksternal yang ada pada model.
3. Subsistem Antarmuka Pengguna

Pengguna berinteraksi dengan sistem pendukung keputusan melalui antarmuka pengguna. Pengguna merupakan elemen penting dalam sistem yang memiliki kontribusi utama yang berasal dari interaksi intensif antara komputer dan pembuat keputusan.

4. Subsistem Manajemen Pengetahuan Berbasis Pengetahuan

Subsistem ini mendukung tiga subsistem lainnya sebagai komponen independen dan opsional. Subsistem ini memperluas pengetahuan pengambil keputusan dan dapat dihubungkan dengan repositori pengetahuan perusahaan (Sudarmadi, dkk, 2017).

Gambar 2.1 menampilkan arsitektur sistem pendukung keputusan yang digambarkan secara menyeluruh dari ketiga subkomponennya.



Gambar 2.1 Arsitektur Sistem Pendukung Keputusan (Sudarmadi, dkk, 2017)

Sistem pendukung keputusan pada dasarnya harus dibangun dengan tiga komponen utama yang saling terintegrasi yaitu sistem manajemen basis data, manajemen basis model dan antarmuka pengguna. Meskipun subsistem manajemen berbasis pengetahuan bersifat opsional, namun memberikan nilai tambah yang signifikan karena mampu meningkatkan pemahaman dan kapabilitas dari ketiga komponen utama tersebut, sekaligus memperkaya kemampuan sistem dalam menyediakan solusi yang lebih cerdas dan adaptif.

2.2.2. *Best Worst Method*

Best Worst Method (BWM) merupakan sebuah metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang telah dikembangkan oleh (Rezaei, 2015). Metode ini mengambil kepentingan relatif dari kriteria dalam perbandingan berpasangan yang disediakan oleh pengambil keputusan sebagai titik sentral dalam proses evaluasi. Terdapat dua vektor evaluasi penting digunakan yaitu kriteria *best* dibandingkan dengan kriteria lainnya dan kriteria lainnya dibandingkan dengan kriteria *worst*. Dengan kata lain, metode ini memprioritaskan penilaian terhadap kriteria terbaik dan terburuk dalam konteks pengambilan keputusan kemudian membandingkannya dengan kriteria lainnya. Bobot untuk setiap kriteria tidak hanya dilihat dari penilaian subjektif pengambil keputusan tetapi diperoleh melalui proses penyelesaian model. Proses ini memastikan bahwa bobot yang diberikan pada setiap kriteria merupakan hasil dari evaluasi yang objektif dan kuantitatif bukan hanya berdasarkan preferensi atau pandangan subjektif pengambil keputusan (Liang, dkk, 2020).

Best Worst Method (BWM) memiliki beragam fitur unggulan yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan multi-kriteria. Metode ini dapat diterapkan secara mandiri atau dikombinasikan dengan metode *Multi Criteria Decision Making (MCDM)* lainnya untuk menganalisis masalah yang kompleks. Keandalan *BWM* terletak pada konsistensi perbandingannya yang memberikan hasil yang dapat diandalkan. Penggunaan bilangan bulat dalam *BWM* meningkatkan kenyamanan dalam proses evaluasi. Berbeda dengan pendekatan *AHP*, *BWM* membutuhkan jumlah perbandingan berpasangan yang relatif lebih sedikit sehingga membuatnya menjadi pilihan yang lebih efisien dalam penilaian kriteria (Agyekum, dkk, 2021).

Menurut Rezaei, metode *Best Worst Method (BWM)* terdiri dari lima langkah utama yang harus diikuti (Aljuhani, 2021). Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan semua kriteria $\{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ untuk yang mempengaruhi pengambilan keputusan.

2. Mendefinisikan kriteria terbaik dan kriteria terburuk tanpa melakukan perbandingan.
3. Mengidentifikasi kriteria yang paling diinginkan (*Best-to-Others*) yang menghasilkan vektor preferensi:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}) \quad (2.1)$$

dengan a_{Bj} mencerminkan perbandingan kriteria j terhadap kriteria terbaik B.

4. Mengidentifikasi kriteria yang paling tidak diinginkan (*Others-to-Worst*) yang menghasilkan vektor preferensi:

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW}) \quad (2.2)$$

dengan a_{jW} mencerminkan perbandingan kriteria j terhadap kriteria terburuk W.

5. Menghitung bobot optimal untuk setiap kriteria

$$W^* = w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^* \quad (2.3)$$

Bobot optimal untuk kriteria dihitung dengan memenuhi kondisi berikut:

$$\frac{w_B}{w_j} = a_{Bj} \text{ dan } \frac{w_j}{w_W} = a_{jW} \quad (2.4)$$

dengan w_B adalah bobot kriteria terbaik dan w_W sebagai bobot kriteria terburuk. Perbedaan absolut terbesar diminimalkan untuk memenuhi kondisi ini untuk j seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

$$\min \max_j (|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}|, |\frac{w_j}{w_W} - a_{jW}|) \quad (2.5)$$

dengan syarat,

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1, w_j \geq 0, \forall j \quad (2.6)$$

Kondisi ini memastikan bahwa total bobot semua kriteria sama dengan 1 dan setiap bobot kriteria tidak negatif.

2.2.3. SMART

Metode *SMART* (*Simple Multi Attribute Rating Technique*) merupakan teknik pengambilan keputusan multiatribut yang dikembangkan oleh Edward pada

tahun 1977. Metode ini dirancang untuk membantu pengambil keputusan dalam memilih dari berbagai alternatif (Asegaft, dkk, 2022). Metode *SMART* dianggap sebagai salah satu metode pendukung keputusan yang paling sederhana dengan beberapa parameter untuk menentukan pilihan. Metode ini menggunakan beberapa parameter yang berfungsi sebagai dasar dalam menentukan keputusan. Setiap parameter memiliki nilai dan bobot yang berbeda-beda. Bobot dalam metode *SMART* menggunakan skala 0-1 sehingga memudahkan perhitungan dan perbandingan nilai antar alternatif dimana hasil perhitungannya menjadi dasar untuk pengambilan keputusan (Fitriani, dkk, 2020).

Metode *SMART* tidak bergantung pada alternatif tertentu dan dalam hal kinerja, sering kali menjadi pilihan yang lebih baik dibandingkan metode lainnya (Darmowiyono, dkk, 2021). Metode ini didasarkan pada model linear aditif, yang berarti nilai keseluruhan suatu alternatif dihitung dengan menjumlahkan hasil perkalian antara nilai setiap kriteria dan bobot kriteria tersebut. Pendekatan ini memberikan cara yang sederhana namun efektif untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan kriteria yang ada dan memungkinkan pengambil keputusan untuk dengan mudah mengevaluasi alternatif berdasarkan nilai dan bobot masing-masing kriteria (Fahlepi, 2020). Nilai akhir diperoleh dengan mengalikan nilai alternatif pada setiap kriteria dengan bobot kriteria tersebut, lalu dilakukan pemeringkatan berdasarkan nilai alternatif tertinggi (Mulyawan, dkk, 2020). Tahapan perhitungan menggunakan metode *SMART* (Setiawan, dkk, 2020):

1. Menetapkan kriteria dan memberikan bobot
2. Melakukan proses normalisasi

$$N_j = \frac{W_j}{\sum W_j} \quad (2.7)$$

Keterangan

N_j : Normalisasi bobot kriteria j

W_j : Nilai bobot kriteria j

$\sum W_j$: Jumlah bobot kriteria

3. Menilai setiap alternatif berdasarkan kriteria
4. Menghitung nilai utilitas alternatif untuk setiap kriteria

$$u_i(a_i) = \frac{(C_{out} - C_{min})}{(C_{max} - C_{min})} \quad (2.8)$$

Keterangan

$u_i(a_i)$: Nilai utilitas alternatif ke- i untuk kriteria ke- i

C_{max} : Nilai maksimal setiap kriteria

C_{min} : Nilai minimal setiap kriteria

C_{out} : Nilai kriteria ke- i

5. Menghitung nilai akhir untuk masing-masing alternatif

$$NA = u_i(a_i)W_j, ij = 1,2, \dots, m \quad (2.9)$$

Keterangan

NA : Nilai akhir alternatif

W_j : Nilai pembobotan kriteria ke- j

$u_i(a_i)$: Nilai utilitas alternatif ke- i untuk kriteria ke- i

2.2.4. **PROMETHEE**

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluation) merupakan pendekatan non-kompensasi yang digunakan untuk menangani masalah pemeringkatan. Metode ini mengevaluasi sekelompok alternatif berdasarkan berbagai kriteria yang sering kali saling bertentangan. Preferensi antara alternatif-alternatif ditetapkan dengan mempertimbangkan fungsi preferensi yang ditentukan oleh pengambil keputusan untuk setiap kriteria. *PROMETHEE* menggunakan indeks global untuk menunjukkan keunggulan alternatif secara parsial maupun menyeluruh (Moreira, dkk, 2021). Indeks ini digunakan untuk mengklasifikasikan alternatif dari yang paling disukai hingga yang paling tidak disukai oleh pengambil keputusan sehingga dapat menilai masalah-masalah tipe pengurutan dan memberikan hasil yang berupa klasifikasi alternatif yang lebih akurat sesuai dengan preferensi yang telah ditetapkan (Pinochet, dkk, 2023).

Keunggulan utama dalam metode *PROMETHEE* yaitu kesederhanaan, kejelasan dan kestabilan. Penggunaan nilai dalam hubungan outranking merupakan asumsi dominasi kriteria yang digunakan dalam *PROMETHEE*. Metode ini relatif sederhana dalam konsep dan aplikasinya dibandingkan dengan metode lain untuk analisis multikriteria (Sudipa, dkk, 2020). Proses penyeleksian alternatif dengan metode *PROMETHEE* memerlukan beberapa tahapan yang harus dilakukan oleh pembuat keputusan. Tahapan-tahapan tersebut penting untuk menghasilkan urutan atau prioritas yang sesuai dengan preferensi kriteria yang telah ditentukan (Oubahman dan Duleba, 2021). Tahapan dalam *PROMETHEE* yaitu:

1. Menentukan beberapa alternatif
2. Menentukan beberapa kriteria
3. Menentukan bobot kriteria
4. Menentukan tipe penilaian (minimum dan maksimum)
5. Menghitung nilai preferensi

$$P(a, b) = P(f(a) - f(b)) \quad (2.10)$$

$$H(d) = \begin{cases} 0 & \text{jika } P(a, b) \leq 0 \\ P(a, b) & \text{jika } P(a, b) > 0 \end{cases} \quad (2.11)$$

Keterangan

$P(a, b)$: Preferensi alternatif a terhadap alternatif b

$f(a)$: Evaluasi suatu kriteria dari alternatif a

$f(b)$: Evaluasi suatu kriteria dari alternatif b

$H(d)$: Fungsi selisih kriteria antar alternatif

d : Selisih nilai kriteria $\{ d = f(a) - f(b) \}$

6. Menghitung nilai preferensi multikriteria

$$\varphi(a, b) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k P_i(a, b); \forall a, b \in A \quad (2.12)$$

Keterangan

$\varphi(a, b)$: Indeks preferensi multikriteria alternatif a lebih baik dari alternatif b

$P_i(a, b)$: Preferensi alternatif a terhadap alternatif b

$\sum_{i=1}^k$: Penjumlahan yang menunjukkan bahwa perhitungan dilakukan untuk semua kriteria dari i hingga k

k : Jumlah Kriteria

7. Menghitung *Leaving Flow*, *Entering Flow* dan *Net Flow*

a. *Leaving Flow*

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \varphi(a, b) \quad (2.13)$$

b. *Entering Flow*

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \varphi(b, a) \quad (2.14)$$

c. *Net Flow*

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad (2.15)$$

Keterangan

$\varphi(a, b)$: Menunjukkan preferensi alternatif a lebih baik dari alternatif b

$\varphi(b, a)$: Menunjukkan preferensi alternatif b lebih baik dari alternatif a

$\sum_{x \in A}$: Penjumlahan yang menunjukkan bahwa nilai preferensi dihitung untuk semua alternatif dalam himpunan A .

$\varphi^+(a)$: *Leaving Flow* menunjukkan keunggulan alternatif

$\varphi^-(a)$: *Entering Flow* menunjukkan kelemahan alternatif

$\varphi(a)$: *Net Flow* digunakan untuk menentukan urutan akhir alternatif

2.2.5. *Confusion Matrix*

Evaluasi kinerja model merupakan langkah penting untuk memastikan keandalan dan akurasi hasil yang diperoleh. Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengukur performa model, salah satunya adalah *Confusion Matrix* yang dikenal sebagai alat evaluasi yang efektif. *Confusion Matrix* merupakan metode evaluasi yang digunakan dalam sistem pendukung keputusan untuk mengukur kinerja model klasifikasi. Metode ini menyajikan informasi mengenai jumlah prediksi yang benar dan salah untuk setiap kategori serta memberikan gambaran yang jelas tentang akurasi model. Dengan memvisualisasikan hasil dalam bentuk tabel, *Confusion Matrix* memudahkan analisis terhadap performa model dan membantu pengambil keputusan dalam mengidentifikasi keberhasilan dan kesalahan klasifikasi (Winarno, dkk, 2023).

Dalam pengukuran kinerja menggunakan *Confusion Matrix*, terdapat empat istilah yang mewakili hasil dari proses klasifikasi. Keempat istilah tersebut adalah *True Positive* (TP), *False Negative* (FN), *False Positive* (FP), dan *True Negative* (TN). *True Positive* menunjukkan jumlah kasus lolos menerima beasiswa yang berhasil diprediksi dengan benar oleh model, sedangkan *False Negative* merujuk pada kasus lolos menerima beasiswa yang terlewat dan salah diprediksi sebagai negatif. Di sisi lain, *False Positive* merupakan jumlah kasus tidak lolos menerima beasiswa yang salah diklasifikasikan sebagai positif, sedangkan *True Negative* mencerminkan jumlah kasus tidak lolos menerima beasiswa yang berhasil diidentifikasi dengan benar. Struktur tabel *Confusion Matrix* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 *Confusion Matrix*

Aktual	Prediksi	
	True	False
True	<i>True Positive</i> (TP)	<i>False Negative</i> (FN)
False	<i>False Positive</i> (FP)	<i>True Negative</i> (TN)

Dengan informasi yang disajikan dalam Tabel 2.2, pengukuran kinerja model dilakukan melalui uji validasi dengan menggunakan metode Confusion Matrix menghasilkan berbagai metrik penting seperti *accuracy*, *precision*, *recall* dan *f1-score* (Setiawan, dkk, 2020). *Accuracy* merujuk pada persentase jumlah data yang berhasil diklasifikasikan dengan benar oleh suatu algoritma setelah dilakukan pengujian terhadap hasil klasifikasi sehingga menggambarkan seberapa efektif model dalam mengidentifikasi kategori yang tepat dari keseluruhan data yang ada. Nilai *accuracy* dapat diperoleh menggunakan rumus (2.16).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \times 100\% \quad (2.16)$$

Sementara itu, *precision* menggambarkan proporsi kasus yang diprediksi positif dan benar-benar positif dalam data yang sebenarnya sehingga dapat menilai keakuratan prediksi positif yang dihasilkan oleh model. Adapun nilai *precision* dapat diperoleh menggunakan rumus (2.17)

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (2.17)$$

Di sisi lain, *recall* mengukur proporsi kasus positif yang benar-benar teridentifikasi oleh model dibandingkan dengan total kasus positif yang sebenarnya sehingga berguna untuk mengetahui seberapa baik model dalam menemukan semua kasus positif yang ada. Nilai *recall* dapat diperoleh menggunakan rumus (2.18)

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (2.18)$$

Selain itu, *f1-score* mencerminkan proporsi kasus negatif yang teridentifikasi dengan benar sehingga memberikan gambaran mengenai kemampuan model dalam mengenali data negatif secara akurat. Perhitungan nilai *f1-score* dapat diperoleh menggunakan rumus (2.19).

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Recall \times Precision}{Recall + Precision} \times 100\% \quad (2.19)$$

2.2.6. *Spearman's Rho Correlation*

Analisis sensitivitas merupakan studi mengenai pengaruh perubahan pada input terhadap output dari sebuah sistem. Biasanya sistem ini melibatkan model matematika yang diimplementasikan dalam perangkat lunak komputer untuk mensimulasikan fungsi sistem nyata. Analisis sensitivitas bertujuan untuk memahami bagaimana berbagai proses dan parameter memengaruhi sistem. Tujuan utamanya meliputi penemuan ilmiah untuk mengeksplorasi hubungan sebab-akibat dalam sistem, pengurangan kompleksitas untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang tidak berpengaruh dan evaluasi data untuk menentukan elemen yang paling signifikan dalam sistem. Selain itu, analisis sensitivitas juga mendukung pengambilan keputusan dengan menilai sensitivitas hasil terhadap berbagai opsi, kendala, asumsi dan ketidakpastian (Razavi, dkk, 2021).

Spearman's Rho Correlation merupakan salah satu metode yang digunakan dalam analisis sensitivitas untuk *Multi-Criteria Decision Making* (Siva Bhaskar dan Khan, 2022). Metode ini berfungsi untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan antara peringkat berbagai kriteria dalam suatu sistem yang memberikan wawasan tentang bagaimana perubahan pada peringkat kriteria tertentu dapat mempengaruhi hasil keputusan secara keseluruhan. *Spearman's Rho Correlation* sangat berguna dalam situasi di mana data yang digunakan berupa peringkat atau urutan terutama ketika data tidak memenuhi asumsi normalitas yang diperlukan oleh metode analisis lain (Kabassi dan Martinis, 2021). Penghitungan metode *Spearman's Rho Correlation* menggunakan rumus (2.20).

$$R = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2.20)$$

Keterangan

R : Koefisien *Spearman's Rho Correlation*

d_i : Selisih antara peringkat untuk pasangan variabel i

n : Jumlah variabel

Koefisien *Spearman's Rho Correlation* menunjukkan seberapa kuat hubungan antara peringkat dua set data. Nilai mendekati 1 mengindikasikan hubungan yang kuat, sementara nilai mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat. Nilai mendekati 0 berarti tidak ada hubungan yang signifikan. Dalam konteks pengambilan keputusan multikriteria, koefisien ini membantu memahami seberapa sensitif hasil akhir terhadap perubahan bobot kriteria (Guler dan Kandemir, 2021).



SEKOLAH PASCASARJANA