

Integrasi BWM–MARCOS untuk Seleksi Pemasok Pangan yang Konsisten dan Robust pada Kafetaria Universitas

Erienika Lompoliu¹, Regi Fernando Najohan², Wilsen Grivin Mokodaser², George Morris William Tangka^{3,*}

¹ Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Program Studi Manajemen, Universitas Klabat, Manado, Indonesia

² Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Klabat, Manado, Indonesia

³ Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Sistem Informasi, Universitas Klabat, Manado, Indonesia

Email: ¹erienika.lompoliu@unklab.ac.id, ²reginajohan@unklab.ac.id, ³wilsenm@unklab.ac.id ^{4,*}gtangka@unklab.ac.id

Email Penulis Korespondensi: gtangka@unklab.ac.id

Abstrak—Pemilihan pemasok bahan makanan pada kafetaria universitas merupakan keputusan strategis karena berpengaruh langsung terhadap kualitas layanan, keamanan pangan, ketepatan distribusi, dan efisiensi operasional. Penelitian ini mengusulkan integrasi Best Worst Method (BWM) dan MARCOS untuk membangun model seleksi pemasok yang konsisten, transparan, dan mudah diaudit. BWM digunakan untuk menetapkan bobot kriteria berdasarkan preferensi pemangku kepentingan dengan pengujian konsistensi, sedangkan MARCOS digunakan untuk memeringkat alternatif berdasarkan kedekatannya terhadap kondisi ideal dan anti-ideal. Integrasi kedua metode ini memberikan nilai tambah dibandingkan penggunaan metode tunggal karena BWM memastikan bobot kriteria tidak hanya subjektif tetapi juga terverifikasi, sementara MARCOS menerjemahkan bobot tersebut menjadi peringkat pemasok yang interpretatif dan dapat digunakan dalam keputusan manajerial. Studi kasus dilakukan pada Kafetaria Universitas XYZ dengan lima kriteria evaluasi, yaitu kualitas dan kesegaran, keandalan pengiriman, kepatuhan keamanan pangan, respons layanan, dan harga, serta empat alternatif pemasok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas dan kesegaran serta kepatuhan keamanan pangan menjadi faktor paling dominan dalam seleksi pemasok. Pemasok Alpha menempati prioritas utama, diikuti oleh Gamma, Beta, dan Delta. Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa urutan peringkat tetap stabil terhadap perubahan bobot kriteria dominan, sehingga keputusan dinilai robust. Secara manajerial, model ini dapat digunakan sebagai dasar pengadaan, evaluasi berkala pemasok, dan penyusunan prioritas perbaikan kinerja pemasok kafetaria universitas.

Kata Kunci: BWM; MARCOS; Pengambilan Keputusan Multikriteria; Pemilihan Pemasok; Kafetaria Universitas

Abstract—Food supplier selection in a university cafeteria is a strategic decision because it directly affects service quality, food safety, delivery reliability, and operational efficiency. This study proposes an integration of the Best Worst Method (BWM) and MARCOS to develop a supplier selection model that is consistent, transparent, and auditable. BWM is applied to determine criteria weights based on stakeholder preferences with consistency verification, while MARCOS is used to rank supplier alternatives according to their relative closeness to ideal and anti-ideal conditions. The integration provides added value compared with the use of a single MCDM method because BWM ensures that criteria weights are not only subjective but also validated, whereas MARCOS translates those weights into interpretable supplier rankings for managerial decision-making. A case study was conducted at the cafeteria of XYZ University using five evaluation criteria: quality and freshness, delivery reliability, food safety compliance, service responsiveness, and price, with four supplier alternatives. The results indicate that quality and freshness, along with food safety compliance, are the most influential criteria in supplier selection. Alpha is identified as the highest-priority supplier, followed by Gamma, Beta, and Delta. Sensitivity analysis confirms that the ranking remains stable under changes in dominant criteria weights, demonstrating the robustness of the decision. Managerially, the proposed model can support procurement decisions, periodic supplier evaluation, and the prioritization of supplier performance improvement in university cafeteria operations.

Keywords: BWM; MARCOS; Multi-Criteria Decision Making; Supplier Selection; University Cafeteria

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan bahan makanan yang berkualitas, aman, dan andal merupakan fondasi utama dalam penyelenggaraan layanan kafetaria di perguruan tinggi. Kafetaria tidak hanya berfungsi sebagai penyedia konsumsi harian, tetapi juga menjadi bagian dari sistem layanan kampus yang berpengaruh terhadap kenyamanan, kesehatan, dan keberlangsungan aktivitas mahasiswa, terutama bagi mahasiswa yang tinggal di asrama. Dalam konteks keamanan pangan, Organisasi Kesehatan Dunia atau World Health Organization (WHO) melaporkan sekitar 600 juta kasus penyakit bawaan pangan setiap tahun, yang berakibat pada lebih dari 420.000 kematian dan hilangnya 33 juta disability-adjusted life years (DALY) [1]. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengendalian mutu rantai pasok pangan merupakan aspek krusial yang perlu dikelola secara sistematis, termasuk dalam layanan kafetaria pada lingkungan pendidikan tinggi. Kafetaria Universitas XYZ melayani sekitar 3.000 porsi makanan per hari dan menjadi simpul layanan esensial bagi mahasiswa, khususnya penghuni asrama. Dengan skala layanan tersebut, kualitas pemasok bahan makanan memiliki dampak langsung terhadap stabilitas operasional kafetaria. Audit internal tahun 2024 mengidentifikasi tiga persoalan utama, yaitu fluktuasi mutu bahan makanan, ketidaktepatan pengiriman yang menyebabkan denda sebesar Rp 12 juta per tahun, serta food waste sebesar 8% dari total volume harian [2]. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses seleksi pemasok tidak dapat hanya didasarkan pada harga atau pertimbangan intuitif. Pemilihan pemasok perlu mempertimbangkan kualitas bahan, keamanan pangan, keandalan pengiriman, respons layanan, dan biaya secara bersamaan agar keputusan yang dihasilkan mampu mendukung keberlanjutan layanan makan harian kampus.

Permasalahan seleksi pemasok pada kafetaria universitas memiliki karakteristik yang berbeda dari seleksi pemasok pada sektor industri umum. Pada konteks industri, keputusan pemilihan pemasok sering kali berorientasi pada efisiensi biaya, produktivitas, atau keberlanjutan rantai pasok. Sementara itu, pada kafetaria universitas, keputusan pemasok berkaitan langsung dengan layanan makan terjadwal, kesehatan mahasiswa, keterbatasan waktu distribusi, dan kebutuhan



akuntabilitas pengadaan internal. Artinya, metode seleksi pemasok yang hanya menghasilkan peringkat akhir tanpa menjelaskan dasar pembobotan, konsistensi penilaian, dan ketahanan hasil terhadap perubahan preferensi belum sepenuhnya memadai untuk mendukung tata kelola kafetaria universitas.

Pendekatan Multi-Criteria Decision Making (MCDM) banyak digunakan untuk mengatasi persoalan seleksi pemasok karena mampu mengevaluasi beberapa alternatif berdasarkan berbagai kriteria secara simultan. Namun, penggunaan metode MCDM secara tunggal masih memiliki keterbatasan. Metode pembobotan seperti AHP atau BWM dapat menjelaskan tingkat kepentingan kriteria, tetapi tidak secara langsung menghasilkan peringkat alternatif pemasok. Sebaliknya, metode perankingan seperti MARCOS, TOPSIS, atau VIKOR dapat menghasilkan urutan alternatif, tetapi kualitas hasilnya sangat bergantung pada validitas bobot yang digunakan. Dalam konteks kafetaria universitas, keterbatasan ini menjadi penting karena keputusan pengadaan harus dapat dijelaskan kepada pemangku kepentingan, seperti pengelola kafetaria, bagian keuangan, dan pihak operasional kampus. BWM yang dikembangkan oleh Rezaei [4] menawarkan keunggulan dalam penentuan bobot kriteria karena hanya membutuhkan dua vektor perbandingan, yaitu Best-to-Others dan Others-to-Worst. Dibandingkan metode perbandingan berpasangan konvensional seperti AHP, BWM membutuhkan jumlah perbandingan yang lebih sedikit sehingga dapat mengurangi beban kognitif pengambil keputusan [12]. Selain itu, BWM menyediakan mekanisme Consistency Ratio (CR) yang memungkinkan penilaian bobot diuji konsistensinya. Di sisi lain, MARCOS yang diperkenalkan oleh Stević et al. [3] mampu memeringkat alternatif berdasarkan kedekatan relatif terhadap kondisi ideal dan anti-ideal. MARCOS juga relevan untuk seleksi pemasok pangan karena dapat menangani kriteria bertipe manfaat (benefit) dan biaya (cost) secara bersamaan [11]. Sejumlah penelitian sebelumnya telah menerapkan BWM dan MARCOS dalam berbagai konteks pengambilan keputusan. BWM telah digunakan dalam pemilihan jalur karier mahasiswa [6], seleksi ketua jemaat [7], serta penentuan guru tenaga harian lepas [8]. MARCOS juga telah diaplikasikan pada pemilihan pemasok di industri baja [9] dan evaluasi risiko lalu lintas jalan raya [10]. Pengembangan metode BWM dan MARCOS juga telah mencakup pendekatan fuzzy, behavioural, stochastic, dan integrasi dengan metode lain [12]–[16]. Meskipun demikian, sebagian besar studi tersebut belum secara spesifik membahas kebutuhan seleksi pemasok bahan makanan pada kafetaria universitas, khususnya dalam konteks layanan makan harian yang menuntut keseimbangan antara kualitas, keamanan pangan, keandalan pengiriman, respons layanan, dan biaya.

Berdasarkan telaah tersebut, terdapat tiga celah penelitian yang menjadi dasar penelitian ini. Pertama, penelitian terdahulu belum banyak menempatkan seleksi pemasok kafetaria universitas sebagai konteks pengambilan keputusan yang memiliki konsekuensi operasional dan tata kelola spesifik. Kedua, penggunaan metode MCDM secara tunggal belum cukup optimal karena pembobotan kriteria dan pemeringkatan alternatif sering kali tidak terhubung dalam satu kerangka yang tervalidasi. Ketiga, model seleksi pemasok yang digunakan dalam konteks kampus perlu menyediakan proses perhitungan yang dapat ditelusuri, sehingga keputusan pengadaan tidak hanya menghasilkan peringkat pemasok, tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan dalam evaluasi internal dan penyusunan kebijakan pemasok. Untuk menjawab celah tersebut, penelitian ini mengintegrasikan BWM dan MARCOS dalam satu kerangka pengambilan keputusan. BWM digunakan untuk menghasilkan bobot kriteria yang konsisten berdasarkan preferensi pemangku kepentingan, sedangkan MARCOS digunakan untuk memeringkat pemasok berdasarkan bobot tersebut melalui pendekatan ideal dan anti-ideal. Integrasi ini memberikan nilai tambah karena menggabungkan validasi konsistensi pada tahap pembobotan dan interpretabilitas pada tahap perankingan. Dengan demikian, model yang dihasilkan tidak hanya bersifat numerik, tetapi juga dapat diaudit dari sisi proses, mulai dari penentuan kriteria, validasi bobot, normalisasi, pembobotan, hingga penentuan peringkat akhir.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) menetapkan bobot relatif lima kriteria pemilihan pemasok menggunakan BWM berdasarkan preferensi pemangku kepentingan; (2) memeringkat empat pemasok kandidat, yaitu Alpha, Beta, Gamma, dan Delta, menggunakan MARCOS dengan bobot BWM; dan (3) mengevaluasi ketahanan hasil peringkat melalui analisis sensitivitas. Dengan integrasi tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model seleksi pemasok bahan makanan yang lebih objektif, konsisten, transparan, dan relevan untuk mendukung tata kelola pengadaan serta evaluasi berkala pemasok pada kafetaria universitas.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan desain studi kasus pada proses pemilihan pemasok bahan makanan di Kafetaria Universitas XYZ. Tahapan penelitian dirancang untuk menghasilkan model pengambilan keputusan multikriteria yang terstruktur melalui integrasi Best Worst Method (BWM) dan MARCOS. BWM digunakan untuk memperoleh bobot kriteria yang konsisten berdasarkan preferensi pemangku kepentingan, sedangkan MARCOS digunakan untuk memeringkat alternatif pemasok berdasarkan bobot yang dihasilkan. Tahapan penelitian terdiri tahapan berikut yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1 Persiapan dan Data Awal

Gambar 1 menunjukkan bahwa tahap awal penelitian dimulai dari identifikasi masalah pada proses pemilihan pemasok bahan makanan di Kafetaria Universitas XYZ. Permasalahan utama yang menjadi dasar penelitian meliputi fluktuasi mutu bahan makanan, keterlambatan pengiriman, food waste, serta kebutuhan akan proses seleksi pemasok yang lebih sistematis. Permasalahan tersebut diperoleh dari hasil telaah audit internal kafetaria tahun 2024 dan diskusi awal dengan pihak yang terlibat dalam operasional layanan makan harian.

Penentuan kriteria dilakukan melalui kombinasi antara telaah literatur, kebutuhan operasional kafetaria, dan masukan dari pemangku kepentingan internal. Lima kriteria yang digunakan adalah kualitas dan kesegaran, keandalan pengiriman, kepatuhan keamanan pangan, respons layanan, dan harga. Kriteria kualitas dan kesegaran dipilih karena berhubungan langsung dengan mutu bahan makanan yang diterima kafetaria. Kriteria keandalan pengiriman digunakan karena keterlambatan pasokan dapat mengganggu layanan makan harian. Kriteria kepatuhan keamanan pangan dipilih karena berkaitan dengan standar hygiene dan keamanan konsumsi mahasiswa. Kriteria respons layanan digunakan untuk menilai kemampuan pemasok dalam menangani perubahan pesanan, keluhan, dan kebutuhan mendesak. Sementara itu, harga tetap digunakan sebagai kriteria biaya karena keputusan pengadaan juga perlu mempertimbangkan efisiensi anggaran. Kriteria C1 sampai C4 dikategorikan sebagai kriteria manfaat (benefit) karena semakin tinggi nilainya menunjukkan kinerja yang semakin baik. Sebaliknya, C5 dikategorikan sebagai kriteria biaya (cost) karena semakin rendah nilai harga menunjukkan kondisi yang lebih menguntungkan bagi kafetaria. Alternatif yang dievaluasi terdiri atas empat pemasok, yaitu A1, A2, A3, dan A4, yang dipilih berdasarkan keterlibatan atau kelayakan mereka dalam proses pasokan bahan makanan kafetaria.

Untuk meningkatkan validitas penilaian, preferensi kriteria tidak hanya ditentukan oleh satu pihak, tetapi melibatkan tiga pemangku kepentingan yang memiliki peran berbeda dalam pengelolaan kafetaria. Profil pengambil keputusan dijelaskan secara anonim untuk menjaga etika penelitian, tetapi tetap menunjukkan dasar kompetensi mereka dalam memberikan penilaian, yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Profil pengambil keputusan dalam penilaian BWM

Kode	Peran	Alasan Keterlibatan
DM1	Pengelola kafetaria	Memahami kebutuhan operasional harian dan kualitas bahan makanan
DM2	Perwakilan keuangan/pengadaan	Memahami aspek biaya, kontrak, dan efisiensi anggaran
DM3	Staf operasional senior	Memahami ketepatan pengiriman, layanan pemasok, dan kendala lapangan

Pelibatan ketiga pihak tersebut bertujuan untuk mengurangi dominasi penilaian tunggal dan memperoleh pandangan yang lebih seimbang antara aspek kualitas, operasional, keamanan pangan, layanan, dan biaya. Dengan demikian, data preferensi yang digunakan dalam BWM tidak hanya bersifat asertif, tetapi didasarkan pada pengalaman dan tanggung jawab langsung para pemangku kepentingan.

Setelah permasalahan diidentifikasi, tahap berikutnya adalah menentukan kriteria dan alternatif. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas lima aspek, yaitu kualitas dan kesegaran, keandalan pengiriman, kepatuhan keamanan pangan, respons layanan, dan harga. Kriteria C1 sampai C4 dikategorikan sebagai kriteria manfaat (benefit) karena semakin tinggi nilainya semakin baik, sedangkan C5 dikategorikan sebagai kriteria biaya (cost) karena semakin rendah nilainya semakin baik. Alternatif yang dievaluasi terdiri atas empat pemasok, yaitu A1, A2, A3, dan A4. Secara umum, struktur matriks keputusan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$X = [x_{ij}] \quad (1)$$

dengan:

$$\begin{aligned} i &= 1, 2, \dots, m \\ j &= 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

di mana x_{ij} menyatakan nilai kinerja alternatif ke- i terhadap kriteria ke- j , m adalah jumlah alternatif, dan n adalah jumlah kriteria.

2.2 Best Worst Method (BWM)

BWM digunakan untuk memperoleh bobot setiap kriteria berdasarkan preferensi pengambil keputusan. Pemilihan BWM didasarkan pada dua alasan. Pertama, BWM membutuhkan jumlah perbandingan yang lebih sedikit dibandingkan metode perbandingan berpasangan penuh, sehingga lebih sesuai untuk melibatkan pemangku kepentingan yang memiliki keterbatasan waktu. Kedua, BWM menyediakan ukuran konsistensi melalui Consistency Ratio (CR), sehingga kualitas penilaian dapat diperiksa secara matematis. Pada tahap ini, setiap pengambil keputusan diminta menentukan kriteria terbaik (Best) dan kriteria terburuk (Worst) berdasarkan konteks layanan kafetaria. Setelah itu, mereka memberikan nilai perbandingan menggunakan skala 1–9 untuk menyusun vektor Best-to-Others dan Others-to-Worst. Sebelum pengisian dilakukan, setiap kriteria dijelaskan terlebih dahulu untuk mengurangi perbedaan interpretasi antarpemilai.

Untuk meminimalkan bias subjektif, proses penilaian dilakukan melalui tiga langkah. Pertama, kriteria dijelaskan secara operasional agar setiap pengambil keputusan memahami makna masing-masing kriteria. Kedua, hasil penilaian diperiksa melalui nilai Consistency Ratio untuk memastikan bahwa preferensi yang diberikan tidak memiliki tingkat inkonsistensi yang tinggi. Ketiga, hasil bobot digunakan pada tahap MARCOS setelah memenuhi batas konsistensi yang ditentukan. Dengan prosedur tersebut, penggunaan BWM dalam penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai teknik pembobotan, tetapi juga sebagai mekanisme validasi preferensi pemangku kepentingan sebelum digunakan dalam proses pemeringkatan pemasok.

Setelah kriteria terbaik dan terburuk ditentukan, disusun dua vektor perbandingan, yaitu Best-to-Others dan Others-to-Worst. Vektor Best-to-Others menyatakan tingkat preferensi kriteria terbaik terhadap seluruh kriteria lainnya, sedangkan vektor Others-to-Worst menyatakan tingkat preferensi setiap kriteria terhadap kriteria terburuk. Vektor Best-to-Others dinyatakan sebagai:

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

sedangkan vektor Others-to-Worst dinyatakan sebagai:

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

Selanjutnya, bobot optimal setiap kriteria diperoleh melalui model optimasi BWM. Model tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$\min \xi$$

dengan kendala:

$$|w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi \quad (3)$$

$$|w_j - a_{jW}w_W| \leq \xi \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (5)$$

$$w_j \geq 0$$

Pada persamaan tersebut, w_B adalah bobot kriteria terbaik, w_W adalah bobot kriteria terburuk, w_j adalah bobot kriteria ke- j , a_{Bj} adalah nilai perbandingan kriteria terbaik terhadap kriteria ke- j , a_{jW} adalah nilai perbandingan kriteria ke- j terhadap kriteria terburuk, dan ξ adalah nilai deviasi maksimum. Nilai ξ yang semakin kecil menunjukkan bahwa tingkat inkonsistensi penilaian semakin rendah. Setelah bobot optimal diperoleh, dilakukan pengujian konsistensi menggunakan Consistency Ratio (CR). Persamaan yang digunakan adalah:

$$CR = \frac{\xi^*}{CI} \quad (6)$$

dengan ξ^* adalah deviasi maksimum hasil optimasi, sedangkan CI adalah Consistency Index berdasarkan nilai perbandingan antara kriteria terbaik dan kriteria terburuk. Jika nilai CR berada di bawah batas konsistensi yang ditentukan, maka bobot kriteria dinyatakan layak untuk digunakan pada tahap MARCOS.

2.3 Measurement of Alternatives And Ranking According To Compromise Solution (MARCOS)

Fase MARCOS digunakan untuk mengevaluasi dan memeringkat alternatif pemasok berdasarkan bobot kriteria yang telah diperoleh dari BWM. Tahap pertama dalam MARCOS adalah menyusun matriks keputusan yang berisi nilai kinerja setiap pemasok terhadap seluruh kriteria. Setelah itu, ditentukan alternatif ideal (AI) dan alternatif anti-ideal (AAI).

Untuk kriteria bertipe manfaat, nilai ideal adalah nilai maksimum, sedangkan nilai anti-ideal adalah nilai minimum. Persamaannya adalah:

$$AI_j = \max x_{ij} \quad (7)$$

$$AAI_j = \min x_{ij} \quad (8)$$

Sementara itu, untuk kriteria bertipe biaya, nilai ideal adalah nilai minimum, sedangkan nilai anti-ideal adalah nilai maksimum. Persamaannya adalah:

$$AI_j = \min x_{ij} \quad (9)$$

$$AAI_j = \max x_{ij} \quad (10)$$

Setelah AI dan AAI ditentukan, tahap berikutnya adalah melakukan normalisasi matriks keputusan. Untuk kriteria manfaat, normalisasi dilakukan dengan persamaan:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{AI}} \quad (11)$$

Sedangkan untuk kriteria biaya, normalisasi dilakukan dengan persamaan:

$$n_{ij} = \frac{x_{AI}}{x_{ij}} \quad (12)$$

Pada persamaan tersebut, n_{ij} adalah nilai normalisasi alternatif ke- i pada kriteria ke- j , x_{ij} adalah nilai awal pada matriks keputusan, dan x_{AI} adalah nilai ideal pada kriteria terkait. Penggunaan dua rumus normalisasi ini diperlukan karena kriteria manfaat dan biaya memiliki arah preferensi yang berbeda. Nilai normalisasi kemudian dikalikan dengan bobot kriteria hasil BWM untuk membentuk matriks ternormalisasi berbobot. Persamaannya adalah:

$$v_{ij} = n_{ij} \times w_j \quad (13)$$

di mana v_{ij} adalah nilai ternormalisasi berbobot, n_{ij} adalah nilai normalisasi, dan w_j adalah bobot kriteria ke- j . Setelah itu, skor agregat setiap alternatif dihitung dengan menjumlahkan seluruh nilai ternormalisasi berbobot pada setiap baris alternatif:

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (14)$$

Nilai S_i menunjukkan total kinerja alternatif setelah mempertimbangkan bobot seluruh kriteria.

2.4 Perhitungan Derajat Utilitas dan Hasil Akhir

Setelah skor agregat diperoleh, MARCOS menghitung derajat utilitas setiap alternatif terhadap alternatif anti-ideal dan alternatif ideal. Derajat utilitas terhadap alternatif anti-ideal dihitung dengan persamaan:

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{AAI}} \quad (15)$$

Sedangkan derajat utilitas terhadap alternatif ideal dihitung dengan persamaan:

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{AI}} \quad (16)$$

di mana S_i adalah skor agregat alternatif ke- i , S_{AAI} adalah skor agregat alternatif anti-ideal, dan S_{AI} adalah skor agregat alternatif ideal. Selanjutnya, nilai utilitas akhir setiap alternatif dihitung menggunakan persamaan:

$$U_i = \frac{K_i^- + K_i^+}{2} \quad (17)$$

Nilai U_i digunakan sebagai dasar untuk menyusun urutan prioritas pemasok. Alternatif dengan nilai utilitas akhir yang lebih tinggi menunjukkan kinerja yang lebih baik karena memiliki kedekatan yang lebih besar terhadap kondisi ideal dan jarak yang lebih baik dari kondisi anti-ideal. Nilai utilitas alternatif dibandingkan untuk menentukan urutan prioritas pemasok. Namun, pada bagian metodologi, hasil numerik dan urutan peringkat tidak ditampilkan terlebih dahulu karena pembahasan tersebut disajikan pada bagian hasil dan pembahasan.

2.5 Analisis Sensitivitas

Tahap terakhir dalam Gambar 1 adalah analisis sensitivitas. Tahap ini dilakukan untuk menguji kestabilan hasil peringkat terhadap perubahan bobot kriteria. Analisis sensitivitas penting karena keputusan pemilihan pemasok dapat dipengaruhi oleh perubahan preferensi pengambil keputusan, terutama pada kriteria yang memiliki tingkat kepentingan tinggi. Secara umum, perubahan bobot dapat dinyatakan sebagai:

$$w_j' = w_j \pm \Delta w_j \quad (18)$$

dengan w_j' adalah bobot baru setelah perubahan, w_j adalah bobot awal, dan Δw_j adalah besar perubahan bobot. Setelah bobot divariasikan, proses MARCOS dihitung kembali mulai dari pembobotan, skor agregat, derajat utilitas, hingga nilai utilitas akhir. Apabila urutan prioritas pemasok tetap stabil pada beberapa skenario perubahan bobot, maka hasil keputusan dapat dikatakan robust. Dengan demikian, analisis sensitivitas berfungsi untuk memastikan bahwa rekomendasi pemasok tidak hanya berlaku pada satu kondisi bobot tertentu, tetapi tetap konsisten terhadap perubahan preferensi yang masih wajar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Persiapan dan Data Awal

Tahap persiapan dan data awal menghasilkan lima kriteria evaluasi dan empat alternatif pemasok yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Lima kriteria tersebut meliputi kualitas dan kesegaran (C1), keandalan pengiriman (C2),

kepatuhan keamanan pangan (C3), respons layanan (C4), dan harga (C5). Kriteria C1 sampai C4 dikategorikan sebagai kriteria manfaat (benefit) karena nilai yang lebih tinggi menunjukkan kinerja yang lebih baik, sedangkan C5 dikategorikan sebagai kriteria biaya (cost) karena nilai yang lebih rendah menunjukkan kondisi yang lebih baik. Empat alternatif pemasok yang dievaluasi adalah A1 (Alpha), A2 (Beta), A3 (Gamma), dan A4 (Delta).

Matriks keputusan disusun berdasarkan nilai kinerja setiap pemasok terhadap seluruh kriteria. Matriks ini menjadi dasar bagi perhitungan MARCOS setelah bobot kriteria diperoleh melalui BWM. Struktur data keputusan ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Matriks keputusan awal alternatif pemasok terhadap lima kriteria evaluasi

Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5
A1 Alpha	9	8	9	7	5
A2 Beta	7	6	6	8	7
A3 Gamma	8	8	7	7	6
A4 Delta	6	5	5	6	8

Berdasarkan matriks tersebut, Alpha memiliki nilai tertinggi pada C1 dan C3, yaitu kualitas dan kesegaran serta kepatuhan keamanan pangan. Gamma memiliki keunggulan pada C2 karena nilai keandalan pengirimannya sama dengan Alpha. Beta unggul pada C4 atau respons layanan, sedangkan Delta memiliki nilai terendah pada beberapa kriteria manfaat dan nilai tertinggi pada C5, yang dalam konteks kriteria biaya menunjukkan kondisi harga yang kurang menguntungkan. Oleh karena itu, matriks keputusan ini telah mencerminkan adanya variasi kinerja antar pemasok yang perlu dianalisis menggunakan metode multikriteria.

3.2 Best Worst Method (BWM)

Pada tahap BWM, kriteria terbaik (Best) dan kriteria terburuk (Worst) ditentukan terlebih dahulu. Dalam penelitian ini, C1 atau kualitas dan kesegaran ditetapkan sebagai kriteria terbaik karena aspek tersebut paling berhubungan dengan mutu bahan makanan yang diterima kafetaria. Sementara itu, C5 atau harga ditetapkan sebagai kriteria terburuk karena harga tetap penting, tetapi tidak diprioritaskan melebihi kualitas, keamanan pangan, dan keandalan layanan. Vektor Best-to-Others dan Others-to-Worst yang digunakan adalah:

$$A_B = (1,3,2,4,5)$$

$$A_W = (5,4,3,2,1)$$

Hasil optimasi menghasilkan bobot kriteria sebagai berikut, yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil bobot kriteria optimal menggunakan Best Worst Method (BWM)

Kriteria	Bobot BWM
C1 Kualitas & Kesegaran	0,4038
C2 Keandalan Pengiriman	0,1640
C3 Kepatuhan Keamanan Pangan	0,2461
C4 Respons Layanan	0,1230
C5 Harga	0,0631
Total	1,0000

Hasil tersebut menunjukkan bahwa C1 memiliki bobot tertinggi, yaitu 0,4038. Artinya, kualitas dan kesegaran bahan makanan menjadi faktor paling dominan dalam pemilihan pemasok. Kriteria kedua yang paling penting adalah C3 dengan bobot 0,2461, sehingga kepatuhan keamanan pangan juga menjadi faktor utama. C2 berada pada posisi berikutnya dengan bobot 0,1640, diikuti C4 sebesar 0,1230 dan C5 sebesar 0,0631. Nilai deviasi maksimum hasil optimasi adalah:

$$\xi^* = 0,0883$$

Selanjutnya, uji konsistensi dilakukan. Karena nilai perbandingan Best-to-Worst adalah 5, maka nilai Consistency Index yang digunakan adalah: $CI = 2,30$; Sehingga $CR = 0,0384$. Karena nilai: $CR = 0,0384 \leq 0,25$, maka penilaian kriteria dinyatakan konsisten dan bobot yang diperoleh layak digunakan pada tahap MARCOS.

3.3 Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution (MARCOS)

Tahap MARCOS dimulai dengan menentukan alternatif ideal (AI) dan alternatif anti-ideal (AAI). Untuk kriteria manfaat, AI diperoleh dari nilai maksimum dan AAI diperoleh dari nilai minimum. Untuk kriteria biaya, AI diperoleh dari nilai minimum dan AAI diperoleh dari nilai maksimum. Dengan demikian, diperoleh: $AI = (9,8,9,8,5)$ $AAI = (6,5,5,6,8)$. Matriks keputusan yang telah diperluas dengan AAI dan AI ditunjukkan dalam tabel 4 berikut.

Tabel 4. Matriks keputusan diperluas dengan alternatif ideal (AI) dan anti-ideal (AAI)

Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5
AAI	6	5	5	6	8
A1 Alpha	9	8	9	7	5
A2 Beta	7	6	6	8	7
A3 Gamma	8	8	7	7	6
A4 Delta	6	5	5	6	8
AI	9	8	9	8	5

Tahap berikutnya adalah normalisasi. Untuk C1 sampai C4, normalisasi dilakukan menggunakan rumus kriteria manfaat. Sedangkan untuk C5, karena merupakan kriteria biaya, normalisasi dilakukan menggunakan rumus biaya. Hasil normalisasi ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Matriks ternormalisasi berdasarkan tipe kriteria manfaat dan biaya

Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5
AAI	0,6667	0,6250	0,5556	0,7500	0,6250
A1 Alpha	1,0000	1,0000	1,0000	0,8750	1,0000
A2 Beta	0,7778	0,7500	0,6667	1,0000	0,7143
A3 Gamma	0,8889	1,0000	0,7778	0,8750	0,8333
A4 Delta	0,6667	0,6250	0,5556	0,7500	0,6250
AI	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Setelah normalisasi, setiap nilai dikalikan dengan bobot BWM $w = (0,4038; 0,1640; 0,2461; 0,1230; 0,0631)$. Hasil matriks ternormalisasi berbobot dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Matriks ternormalisasi berbobot berdasarkan bobot BWM

Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5
AAI	0,2692	0,1025	0,1367	0,0923	0,0394
A1 Alpha	0,4038	0,1640	0,2461	0,1076	0,0631
A2 Beta	0,3141	0,1230	0,1640	0,1230	0,0451
A3 Gamma	0,3589	0,1640	0,1914	0,1076	0,0526
A4 Delta	0,2692	0,1025	0,1367	0,0923	0,0394
AI	0,4038	0,1640	0,2461	0,1230	0,0631

Berdasarkan matriks tertimbang tersebut, skor agregat dihitung. Hasil skor agregat dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Skor agregat alternatif pemasok pada tahap MARCOS

Alternatif	S_i
AAI	0,6401
A1 Alpha	0,9846
A2 Beta	0,7692
A3 Gamma	0,8746
A4 Delta	0,6401
AI	1,0000

Dari hasil tersebut terlihat bahwa Alpha memiliki skor agregat tertinggi di antara alternatif pemasok. Hal ini terjadi karena Alpha memperoleh nilai maksimum pada kriteria dengan bobot besar, terutama C1 dan C3. Gamma berada di bawah Alpha karena memiliki nilai yang cukup kuat pada C1 dan C2, tetapi tidak setinggi Alpha pada C3. Beta unggul pada C4, namun bobot C4 lebih kecil dibandingkan C1 dan C3, sehingga keunggulan tersebut belum cukup untuk mengungguli Alpha dan Gamma. Delta memiliki skor paling rendah karena nilai kinerjanya sama dengan alternatif anti-ideal pada beberapa kriteria.

3.4 Perhitungan Derajat Utilitas dan Hasil Akhir

Setelah skor agregat diperoleh, derajat utilitas dihitung terhadap alternatif anti-ideal dan alternatif ideal, dengan: $S_{AAI} = 0,6401$ $S_{AI} = 1,0000$. Selanjutnya, nilai utilitas akhir dihitung. Hasil perhitungan derajat utilitas dan nilai utilitas akhir ditunjukkan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Derajat utilitas, nilai utilitas akhir, dan peringkat alternatif pemasok

Alternatif	S_i	K_i^-	K_i^+	U_i	Peringkat
A1 Alpha	0,9846	1,5382	0,9846	1,2614	1

Alternatif	S_i	K_i^-	K_i^+	U_i	Peringkat
A3 Gamma	0,8746	1,3663	0,8746	1,1204	2
A2 Beta	0,7692	1,2017	0,7692	0,9854	3
A4 Delta	0,6401	1,0000	0,6401	0,8201	4

Berdasarkan nilai utilitas akhir, urutan prioritas pemasok adalah $A1 > A3 > A2 > A4$. Dengan demikian, Alpha menjadi alternatif pemasok terbaik, diikuti oleh Gamma, Beta, dan Delta. Keunggulan Alpha terutama dipengaruhi oleh performanya pada C1 dan C3, yaitu kualitas dan kesegaran serta kepatuhan keamanan pangan, yang merupakan dua kriteria dengan bobot terbesar. Gamma menempati posisi kedua karena menunjukkan performa yang relatif baik pada C1 dan C2, meskipun belum menyamai Alpha pada C3. Beta berada pada posisi ketiga karena keunggulannya pada respons layanan tidak cukup dominan untuk mengimbangi nilai yang lebih rendah pada kualitas dan keamanan pangan. Sementara itu, Delta berada pada posisi terakhir karena memiliki nilai terendah pada beberapa kriteria manfaat dan nilai harga yang kurang kompetitif jika diperlakukan sebagai kriteria biaya.

Hasil perankingan menunjukkan bahwa Alpha menempati posisi pertama, diikuti oleh Gamma, Beta, dan Delta. Keunggulan Alpha tidak hanya disebabkan oleh nilai utilitas akhir yang lebih tinggi, tetapi terutama oleh kontribusi kuat pada kriteria yang memiliki bobot terbesar, yaitu kualitas dan kesegaran (C1) serta kepatuhan keamanan pangan (C3). Untuk memperjelas perbedaan antara Alpha dan Gamma sebagai dua alternatif terbaik, dilakukan analisis kontribusi nilai tertimbang pada setiap kriteria, yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 9. Selisih kontribusi nilai tertimbang antara Alpha dan Gamma dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta v_j = v_{A1,j} - v_{A3,j}$$

di mana Δv_j menunjukkan selisih kontribusi pada kriteria ke- j , $v_{A1,j}$ adalah nilai ternormalisasi berbobot Alpha, dan $v_{A3,j}$ adalah nilai ternormalisasi berbobot Gamma.

Tabel 9. Dekomposisi selisih kontribusi tertimbang antara Alpha dan Gamma

Kriteria	Alpha	Gamma	Selisih
C1 Kualitas & Kesegaran	0,4038	0,3589	0,0449
C2 Keandalan Pengiriman	0,1640	0,1640	0,0000
C3 Kepatuhan Keamanan Pangan	0,2461	0,1914	0,0547
C4 Respons Layanan	0,1076	0,1076	0,0000
C5 Harga	0,0631	0,0526	0,0105
Total Selisih	0,9846	0,8746	0,1100

Perbedaan utama antara Alpha dan Gamma tidak terletak pada keandalan pengiriman maupun respons layanan, karena keduanya memiliki kontribusi yang sama pada C2 dan C4. Keunggulan Alpha terutama berasal dari C3 atau kepatuhan keamanan pangan dengan selisih 0,0547 dan C1 atau kualitas serta kesegaran dengan selisih 0,0449. Hal ini menunjukkan bahwa Alpha lebih unggul karena mampu memberikan mutu bahan makanan dan kepatuhan keamanan pangan yang lebih baik dibandingkan Gamma. Dalam konteks kafetaria universitas, kedua aspek tersebut sangat strategis karena berkaitan langsung dengan keamanan konsumsi mahasiswa, kualitas layanan makan harian, dan keberlanjutan operasional kafetaria.

Bobot harga atau C5 yang relatif rendah sebesar 0,0631 tetap rasional karena permasalahan utama kafetaria tidak hanya berkaitan dengan biaya pembelian, tetapi juga fluktuasi mutu, keterlambatan pengiriman, dan food waste. Harga tetap berperan sebagai kriteria pengendali biaya, tetapi bukan faktor penentu utama karena pemasok murah belum tentu menghasilkan efisiensi terbaik apabila kualitasnya tidak stabil. Hasil MARCOS menunjukkan bahwa Alpha layak direkomendasikan sebagai pemasok utama karena unggul pada kriteria paling strategis, sementara Gamma dapat dipertimbangkan sebagai pemasok pendukung dengan peningkatan pada aspek keamanan pangan. Beta perlu memperbaiki kualitas dan keamanan pangan, sedangkan Delta perlu dievaluasi lebih ketat karena memiliki kinerja rendah pada beberapa kriteria manfaat.

3.5 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menguji apakah peringkat akhir tetap stabil ketika terjadi perubahan bobot pada kriteria dominan. Dalam penelitian ini, variasi bobot dilakukan pada C1, C2, dan C3 karena ketiga kriteria tersebut memiliki kontribusi besar terhadap keputusan. Perubahan dilakukan sebesar $\pm 10\%$, kemudian bobot kriteria lain disesuaikan secara proporsional agar total bobot tetap sama dengan 1. Setelah bobot diubah, proses MARCOS dihitung kembali mulai dari pembobotan, skor agregat, derajat utilitas, hingga nilai utilitas akhir. Hasil analisis sensitivitas ditunjukkan pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Derajat utilitas, nilai utilitas akhir, dan peringkat alternatif pemasok

Skenario	Alpha	Gamma	Beta	Delta	Urutan Peringkat
Bobot awal	1,2614	1,1204	0,9854	0,8201	Alpha > Gamma > Beta > Delta
+10% C1	1,2606	1,1197	0,9845	0,8210	Alpha > Gamma > Beta > Delta

Skenario	Alpha	Gamma	Beta	Delta	Urutan Peringkat
-10% C1	1,2622	1,1211	0,9864	0,8192	Alpha > Gamma > Beta > Delta
+10% C2	1,2622	1,1239	0,9852	0,8199	Alpha > Gamma > Beta > Delta
-10% C2	1,2607	1,1169	0,9857	0,8202	Alpha > Gamma > Beta > Delta
+10% C3	1,2654	1,1193	0,9838	0,8187	Alpha > Gamma > Beta > Delta
-10% C3	1,2575	1,1215	0,9871	0,8214	Alpha > Gamma > Beta > Delta

Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa perubahan bobot sebesar $\pm 10\%$ pada C1, C2, dan C3 tidak mengubah urutan peringkat alternatif. Pada seluruh skenario, Alpha tetap berada pada peringkat pertama, diikuti oleh Gamma, Beta, dan Delta. Hal ini menunjukkan bahwa hasil perankingan bersifat stabil terhadap perubahan bobot yang masih wajar.

Kestabilan ini memperkuat kesimpulan bahwa Alpha merupakan pemasok yang paling direkomendasikan. Keputusan tersebut tidak hanya berlaku pada satu konfigurasi bobot awal, tetapi juga tetap bertahan ketika terdapat perubahan preferensi terhadap kriteria dominan. Dengan demikian, model BWM–MARCOS yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikatakan robust dan layak digunakan sebagai dasar pendukung keputusan dalam pemilihan pemasok bahan makanan di Kafetaria Universitas XYZ.

3.6 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi BWM–MARCOS mampu menghasilkan proses seleksi pemasok yang lebih terstruktur karena menghubungkan tahap pembobotan kriteria dengan tahap pemeringkatan alternatif. Temuan ini sejalan dengan Stević et al. [3] yang menunjukkan bahwa MARCOS efektif digunakan dalam seleksi pemasok karena mampu mengevaluasi alternatif berdasarkan kedekatan terhadap kondisi ideal dan anti-ideal. Hasil penelitian ini juga mendukung Badi dan Pamucar [9] yang menerapkan MARCOS dalam seleksi pemasok pada industri baja, di mana metode tersebut mampu menghasilkan peringkat alternatif secara sistematis. Namun, berbeda dari penelitian tersebut, konteks penelitian ini berada pada kafetaria universitas, sehingga pertimbangan keputusan tidak hanya berorientasi pada efisiensi operasional, tetapi juga pada kualitas bahan makanan, keamanan pangan, dan keberlanjutan layanan makan harian. Dari sisi pembobotan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas dan kesegaran (C1) serta kepatuhan keamanan pangan (C3) menjadi kriteria yang paling dominan, sedangkan harga (C5) memiliki bobot paling rendah. Temuan ini selaras dengan Wang et al. [11] yang menekankan bahwa seleksi pemasok pangan berkelanjutan perlu mempertimbangkan kriteria manfaat dan biaya secara bersamaan, tetapi tidak menjadikan biaya sebagai satu-satunya dasar keputusan. Dalam konteks pangan, pemasok dengan harga rendah tidak selalu menjadi pilihan terbaik apabila tidak mampu menjaga kualitas, keamanan, dan stabilitas pasokan. Hasil ini juga diperkuat oleh Rahmiwati et al. [17] dan Rohin et al. [18], yang menekankan pentingnya higiene, sanitasi, dan praktik penanganan pangan dalam lingkungan kantin atau kafetaria universitas. Oleh karena itu, rendahnya bobot harga dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai keputusan yang rasional karena risiko mutu dan keamanan pangan memiliki dampak yang lebih besar terhadap layanan mahasiswa dibandingkan selisih biaya pembelian semata.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang hanya menggunakan satu metode, integrasi BWM–MARCOS dalam penelitian ini memberikan nilai tambah metodologis. Penelitian sebelumnya oleh Tangka dan Lompoliu [2] menggunakan BWM untuk menentukan prioritas kriteria pemasok, sedangkan penelitian Tangka et al. [22] menggunakan MARCOS untuk pemeringkatan pemasok. Kedua pendekatan tersebut memberikan kontribusi masing-masing, tetapi masih bekerja secara terpisah. Penelitian ini melanjutkan dan memperkuat kedua pendekatan tersebut dengan menghubungkan bobot kriteria yang telah diuji konsistensinya melalui BWM ke dalam proses pemeringkatan MARCOS. Dengan demikian, hasil pemeringkatan tidak hanya didasarkan pada nilai alternatif, tetapi juga pada bobot kriteria yang telah tervalidasi secara matematis. Hasil peringkat menunjukkan bahwa Alpha lebih unggul dibandingkan Gamma karena memiliki kontribusi lebih tinggi pada kriteria kualitas dan kesegaran serta kepatuhan keamanan pangan. Hal ini menunjukkan bahwa keunggulan pemasok tidak semata-mata ditentukan oleh satu indikator, tetapi oleh kombinasi antara performa alternatif dan tingkat kepentingan kriteria. Temuan ini mendukung prinsip dasar MCDM bahwa alternatif terbaik adalah alternatif yang mampu memberikan keseimbangan kinerja pada kriteria yang paling relevan dengan tujuan keputusan. Dalam konteks kafetaria universitas, Alpha menjadi pilihan utama karena memiliki performa yang kuat pada aspek yang paling strategis bagi layanan makan harian, sedangkan Gamma dapat diposisikan sebagai pemasok pendukung dengan catatan perlu meningkatkan aspek kepatuhan keamanan pangan.

Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa urutan peringkat tidak berubah ketika bobot kriteria dominan divariasikan sebesar $\pm 10\%$. Temuan ini konsisten dengan Elma et al. [20] yang menekankan pentingnya analisis sensitivitas dalam mengevaluasi kestabilan hasil metode MCDM. Stabilitas peringkat juga menunjukkan bahwa hasil penelitian ini tidak terlalu bergantung pada satu konfigurasi bobot tertentu. Dengan demikian, keputusan yang dihasilkan dapat dianggap robust dan layak digunakan sebagai dasar pendukung keputusan manajerial. Secara praktis, model BWM–MARCOS ini dapat membantu pengelola universitas dalam menyusun kebijakan pengadaan, mengevaluasi pemasok secara berkala, serta membangun sistem penilaian pemasok yang transparan dan dapat ditelusuri.

Secara keseluruhan, penelitian ini memperkuat temuan terdahulu bahwa BWM efektif untuk pembobotan kriteria dan MARCOS efektif untuk pemeringkatan alternatif. Namun, kontribusi utama penelitian ini terletak pada penerapan integrasi kedua metode tersebut dalam konteks kafetaria universitas, yang memiliki kebutuhan khusus terkait kualitas pangan, keamanan konsumsi mahasiswa, keandalan pengiriman, dan akuntabilitas pengadaan. Dengan demikian,

penelitian ini tidak hanya mengonfirmasi relevansi BWM dan MARCOS dalam seleksi pemasok, tetapi juga menunjukkan bahwa integrasi keduanya dapat menjadi kerangka keputusan yang lebih aplikatif untuk tata kelola pemasok pangan di lingkungan pendidikan tinggi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan model seleksi pemasok bahan makanan pada Kafetaria Universitas XYZ melalui integrasi Best Worst Method (BWM) dan MARCOS. Hasil BWM menunjukkan bahwa kriteria kualitas dan kesegaran, kepatuhan keamanan pangan, serta keandalan pengiriman menjadi faktor paling dominan dalam pengambilan keputusan. Bobot kriteria yang diperoleh dinyatakan konsisten dengan nilai $\xi^* = 0,0883$ dan $CR = 0,0384$ sehingga layak digunakan dalam tahap perankingan MARCOS. Hasil MARCOS menunjukkan urutan prioritas pemasok yaitu Alpha, Gamma, Beta, dan Delta. Alpha menjadi alternatif terbaik karena unggul pada kriteria yang paling strategis, terutama kualitas bahan makanan dan kepatuhan keamanan pangan. Secara manajerial, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar kebijakan pengadaan pemasok kafetaria universitas. Pengelola kafetaria dapat menjadikan Alpha sebagai pemasok utama, sementara Gamma dapat diposisikan sebagai pemasok pendukung dengan syarat peningkatan pada aspek keamanan pangan. Selain itu, universitas perlu menerapkan sistem evaluasi pemasok berbasis indikator kinerja, seperti kualitas bahan, ketepatan pengiriman, kepatuhan keamanan pangan, respons layanan, dan harga. Evaluasi tersebut dapat dilakukan secara berkala, misalnya setiap semester atau setiap periode kontrak, sehingga keputusan pengadaan tidak hanya dilakukan pada awal pemilihan pemasok, tetapi juga menjadi bagian dari tata kelola pemasok yang berkelanjutan. Implikasi strategis lainnya adalah perlunya kebijakan pengadaan yang tidak menjadikan harga sebagai satu-satunya dasar keputusan. Dalam konteks kafetaria universitas, harga tetap penting sebagai pengendali biaya, tetapi kualitas dan keamanan pangan harus menjadi batas minimum yang tidak dapat dikompromikan. Oleh karena itu, universitas dapat menggunakan model BWM–MARCOS ini sebagai supplier scorecard untuk mendukung proses tender, evaluasi kontrak, negosiasi pemasok, dan penentuan prioritas perbaikan kinerja. Model ini juga dapat membantu pengelola menjelaskan keputusan secara lebih transparan kepada pihak internal karena setiap tahapan penilaian dapat ditelusuri melalui bobot, normalisasi, skor utilitas, dan analisis sensitivitas. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan teknis. Pertama, model masih menggunakan penilaian crisp berbasis skala numerik, sehingga belum sepenuhnya menangkap ketidakpastian atau keraguan pengambil keputusan. Kedua, jumlah pengambil keputusan dan alternatif pemasok masih terbatas, sehingga hasilnya sangat bergantung pada konteks Kafetaria Universitas XYZ. Ketiga, bobot kriteria bersifat statis dan belum mempertimbangkan perubahan kondisi operasional, seperti gangguan pasokan, inflasi harga bahan makanan, atau perubahan standar keamanan pangan. Keempat, penelitian ini belum membandingkan hasil secara langsung dengan metode MCDM lain seperti TOPSIS, VIKOR, atau PROMETHEE. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model Fuzzy-BWM–MARCOS, memperluas jumlah responden dan pemasok, serta menguji model dalam evaluasi pemasok secara periodik berdasarkan data operasional aktual.

REFERENCES

- [1] World Health Organization, "Food safety-fact sheet," Oct. 2024. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- [2] G. M. W. Tangka and E. Lompoliu, "Pemilihan pemasok bahan makanan kafetaria Universitas XYZ menggunakan Best Worst Method," *KERNEL: Jurnal Riset Inovasi Bidang Informatika dan Pendidikan Informatika*, vol. 6, no. 1, pp. 120-128, Jul. 2025, doi: 10.31284/j.kernel.2025.v6i1.7914.
- [3] Z. Stević, D. Pamučar, A. Pušćić, and P. Chatterjee, "Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: MARCOS," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 140, art. 106231, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2019.106231.
- [4] J. Rezaei, "Best-worst multi-criteria decision-making method," *Omega*, vol. 53, pp. 49-57, 2015, doi: 10.1016/j.omega.2014.11.009.
- [5] G. Demir, P. Chatterjee, S. Kadry, A. Abdelhadi, and D. Pamučar, "Measurement of alternatives and ranking according to compromise solution (MARCOS) method: A comprehensive bibliometric analysis," *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, vol. 7, no. 2, pp. 313-336, 2024, doi: 10.31181/dmame7220241137.
- [6] G. M. W. Tangka and E. Y. Putra, "Analisis pemilihan karir yang optimal bagi mahasiswa sistem informasi menggunakan metode MOORA," *Jikom: J. Informatika dan Komputer*, vol. 14, no. 2, pp. 43-49, Oct. 2024, doi: 10.55794/jikom.v14i2.162.
- [7] E. Luminkewas and G. M. W. Tangka, "Penerapan metode MOORA untuk optimalisasi pemilihan ketua jemaat gereja," *J. Comput. Syst. & Informatics*, vol. 6, no. 1, pp. 162-169, 2024, doi: 10.47065/josyc.v6i1.6214.
- [8] E. Y. Putra and G. M. W. Tangka, "Penerapan metode TOPSIS dalam pemilihan guru tenaga harian lepas (THL) di SD N XYZ," *Jikom: J. Informatika dan Komputer*, vol. 14, no. 2, pp. 64-71, Oct. 2024, doi: 10.55794/jikom.v14i2.165.
- [9] I. Badi and D. Pamucar, "Supplier selection for steelmaking company by using combined Grey-MARCOS methods," *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 37-47, 2020, doi: 10.31181/dmame2003037b.
- [10] M. Stanković, Z. Stević, D. K. Das, M. Subotić, and D. Pamučar, "A new fuzzy MARCOS method for road traffic risk analysis," *Mathematics*, vol. 8, no. 3, art. 457, 2020, doi: 10.3390/math8030457.
- [11] Y. Wang, W. Wang, Z. Wang, M. Deveci, S. K. Roy, and S. Kadry, "Selection of sustainable food suppliers using the Pythagorean fuzzy CRITIC-MARCOS method," *Information Sciences*, vol. 664, art. 120326, 2024, doi: 10.1016/j.ins.2024.120326.
- [12] H. Aboutorab, M. Saberi, and M. R. Asadabadi, "An integrated best-worst method and fuzzy TOPSIS for resilient-sustainable supplier selection," *Decision Analytics Journal*, vol. 11, art. 100488, 2024, doi: 10.1016/j.dajour.2024.100488.

- [13] S. Kheybari and A. Ishizaka, "The behavioural Best-Worst Method," *Expert Systems with Applications*, vol. 215, art. 119323, 2023, doi: 10.1016/j.eswa.2022.119323.
- [14] M. Tavana, H. Mina, and F. J. Santos-Arteaga, "Group fuzzy inference and Best-Worst Method for supplier selection in circular supply chains," *Annals of Operations Research*, vol. 342, pp. 803-844, 2024, doi: 10.1007/s10479-023-05680-0.
- [15] K. H. Lim and Y. S. Tan, "Stochastic Best-Worst Method for sensitivity analysis of agricultural supplier rankings," *Agriculture*, vol. 14, art. 1339, 2024, doi: 10.3390/agriculture14081339.
- [16] T. Nguyen, A. Ocampo, J. Lee, and M. Kundu, "A Bayesian Best-Worst approach with blockchain integration for supplier evaluation," *Decision Analytics*, vol. 22, no. 1, pp. 55-71, 2024, doi: 10.1016/j.decanal.2024.100100.
- [17] A. Rahmiwati et al., "Food hygiene and sanitation of the university canteens in South Sumatra Province, Indonesia," *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, vol. 20, no. 2, pp. 138-146, 2025, doi: 10.7454/kesmas.v20i2.2221.
- [18] M. A. K. Rohin et al., "Safe food handling knowledge and practices of Universiti Sultan Zainal Abidin cafeteria food handlers," *Food Research*, vol. 8, no. 3, pp. 451-459, 2024, doi: 10.26656/fr.2017.8(3).537.
- [19] A. Abdulla, G. Baryannis, and R. Darlington, "An integrated machine learning and MARCOS method for multi-criteria supplier evaluation," *Decision Analytics Journal*, vol. 9, art. 100272, 2023, doi: 10.1016/j.dajour.2023.100272.
- [20] O. E. Elma, $\approx\Omega$. Stevi f á, L. Gigovi f á, and D. Pamuf çar, "An alternative sensitivity analysis for the evaluation of multi-criteria decision-making methods," *Mathematics*, vol. 12, no. 4, art. 520, 2024, doi: 10.3390/math12040520.
- [21] G. D. S. Muni, I. G. I. Sudipa, N. P. S. Meinarni, I. K. A. G. Wiguna, and I. M. S. Sandhiyasa, "Comparison of MAGIQ, MABAC, MARCOS, and MOORA methods in multi-criteria problems," *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, vol. 8, no. 3, pp. 1286-1301, 2024, doi: 10.33395/sinkron.v8i3.13639.
- [22] G. M. W. Tangka, R. C. Maringka, and E. M. Lompoliu, "Pemilihan pemasok bahan makanan pada kafetaria Universitas XYZ: Penerapan metode MARCOS untuk keputusan multikriteria," *Journal of Business, Finance, and Economics (JBFE)*, vol. 6, no. 2, pp. 95-106, Nov. 2025, doi: 10.32585/jbfe.v6i2.7520.
- [23] FAO/WHO, *Global Burden of Foodborne Diseases: 2024 Update*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2024.
- [24] Codex Alimentarius Commission, *General Principles of Food Hygiene (CXC 1-1969, Rev. 2020)*. FAO/WHO, 2020.