

Design of an Environmentally Friendly Supplier Selection DSS Model using AHP-TOPSIS

Harley Bunga*¹, Wiwid Wahyudi²

¹ Universitas Krisnadwipayana

Jl. Raya Jatiwaringin, 13077, Kota Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

¹ Universitas Sains dan Teknologi Komputer

Jl. Majapahit no 605, Pedurungan, 50192, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

e-mail: haley@gmail.com*¹; wiwid@stekom.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 22-03-2025

Revised: 15-04-2025

Accepted: 29-04-2025

Published: 21-05-2025

ABSTRACT

The research results indicate that the Decision Support System (DSS) model based on a combination of the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) can provide objective and consistent supplier evaluation results. Based on the calculations, the Price criterion received the highest weight of 42.31%, followed by Delivery Time and Service at 22.72% each, and Quality at 12.25%. The final ranking shows that Supplier A has the highest proximity value to the ideal solution, indicating the best balance between cost efficiency and non-financial performance. Implementation in the form of an interactive dashboard has proven to make it easier for management to understand analysis results and speed up the decision-making process. This research proves that integrating the AHP-TOPSIS method can be used effectively as a tool to assist in data-driven procurement management. However, this study still has limitations in terms of the number of respondents and the relatively narrow industry context. Future research is suggested to expand the scope of the industrial sector, increase the number of experts, and integrate this model with machine learning or real-time analytics so that the decision support system can dynamically adapt to changes in market conditions and supplier performance.

Keywords: *Decision Support System, Analytical Hierarchy Process (AHP), TOPSIS, Supplier Selection, Dashboard Visualization.*

Abstrak

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Decision Support System* (DSS) berbasis kombinasi *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) mampu memberikan hasil evaluasi supplier yang objektif dan konsisten. Dari hasil perhitungan, kriteria Harga memperoleh bobot tertinggi sebesar 42,31%, diikuti oleh Waktu Pengiriman dan Layanan masing-masing 22,72%, serta Kualitas sebesar 12,25%. Peringkat akhir menunjukkan bahwa Supplier A memiliki nilai kedekatan tertinggi terhadap solusi ideal, menandakan keseimbangan terbaik antara efisiensi biaya dan kinerja non-finansial. Implementasi dalam bentuk dashboard interaktif terbukti mempermudah manajemen

DOI: <https://doi.org/10.51903/b8wpb307>

dalam memahami hasil analisis serta mempercepat proses pengambilan keputusan. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi metode AHP-TOPSIS dapat digunakan secara efektif sebagai alat bantu dalam manajemen pengadaan berbasis data. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah responden dan konteks industri yang relatif sempit. Penelitian mendatang disarankan untuk memperluas cakupan sektor industri, menambah jumlah pakar, serta mengintegrasikan model ini dengan teknologi machine learning atau real-time analytics agar sistem pendukung keputusan dapat beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan kondisi pasar dan performa supplier.

Kata Kunci: *Decision Support System, Analytical Hierarchy Process (AHP), TOPSIS, Evaluasi Supplier, Visualisasi Dashboard*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan konsep *green supply chain management* (GSCM) semakin menjadi fokus global seiring meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan lingkungan [1]. GSCM mengacu pada integrasi praktik ramah lingkungan dalam seluruh rantai pasok, mulai dari pemilihan bahan baku hingga pengelolaan limbah [2]. Salah satu aspek penting dalam GSCM adalah pemilihan supplier yang mampu memenuhi kriteria keberlanjutan seperti efisiensi energi, pengurangan emisi karbon, dan kepatuhan pada standar lingkungan [3]. Perusahaan yang berhasil mengadopsi GSCM dilaporkan memiliki daya saing lebih tinggi dan reputasi yang lebih baik di mata konsumen [4]. Namun, pemilihan supplier yang sesuai tidaklah sederhana karena melibatkan banyak kriteria yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif, sehingga memerlukan dukungan pengambilan keputusan yang sistematis.

Fenomena di lapangan menunjukkan bahwa banyak perusahaan masih memilih supplier hanya berdasarkan harga terendah atau kriteria finansial lainnya, tanpa mempertimbangkan aspek lingkungan secara menyeluruh. Hal ini menyebabkan rantai pasok yang dihasilkan sering kali tidak mendukung target keberlanjutan perusahaan maupun regulasi pemerintah. Data dari *Global Reporting Initiative* (GRI) tahun 2023 menunjukkan bahwa hanya sekitar 38% perusahaan di Asia Tenggara yang memasukkan kriteria keberlanjutan dalam proses pemilihan supplier mereka [5]. Di Indonesia, kebijakan terkait pengadaan barang dan jasa ramah lingkungan mulai diperkuat melalui Peraturan Presiden No. 12 Tahun 2021 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah, namun implementasinya di sektor swasta masih terbatas [6]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan terstruktur yang mampu membantu pengambil keputusan mengevaluasi supplier berdasarkan kriteria lingkungan maupun bisnis secara bersamaan.

Berbagai penelitian telah mengusulkan penggunaan *multi-criteria decision making* (MCDM) untuk mendukung proses pemilihan supplier. Metode seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP) telah banyak digunakan untuk menentukan bobot kriteria berdasarkan penilaian pakar [7]. *Metode Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) banyak diterapkan untuk mendapatkan peringkat alternatif supplier berdasarkan kedekatannya dengan solusi ideal [8]. Penelitian [9] menunjukkan bahwa kombinasi AHP dan TOPSIS memberikan hasil yang lebih akurat dan konsisten dibandingkan penggunaan salah satu metode saja. Penelitian lain menggunakan pendekatan *fuzzy logic* untuk menangani ketidakpastian dalam penilaian kriteria [10], sementara beberapa penelitian mengintegrasikan hasil perhitungan ke dalam dashboard berbasis web untuk memudahkan visualisasi [11]. Penelitian tersebut dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman Metode dalam Pemilihan Supplier

Metode / Pendekatan	Temuan Utama / Kelebihan
Analytical Hierarchy Process (AHP) [12]	Menentukan bobot kriteria pemilihan <i>supplier</i> berdasarkan penilaian pakar secara hierarkis.
Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) [13]	Menghasilkan peringkat <i>supplier</i> berdasarkan kedekatan dengan solusi ideal.
Kombinasi AHP-TOPSIS [14]	Memberikan hasil yang lebih akurat dan konsisten dibanding hanya menggunakan satu metode.
Fuzzy Logic [15]	Menangani ketidakpastian dan subjektivitas dalam penilaian kriteria.
Integrasi AHP-TOPSIS + Web-based Dashboard [16]	Menyediakan visualisasi interaktif hasil perhitungan, memudahkan pengambil keputusan.
Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis (MOORA) [17]	Sederhana, cepat, dan efektif untuk kasus dengan banyak kriteria.
VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) [18]	Menghasilkan solusi kompromi yang menyeimbangkan <i>utility</i> dan <i>regret</i> antar alternatif.
Simple Additive Weighting (SAW) [19]	Metode perhitungan bobot yang sederhana, mudah dipahami, dan transparan.

Namun, mayoritas studi tersebut masih berfokus pada aspek biaya dan kualitas produk, dan belum secara mendalam menggabungkan kriteria keberlanjutan yang mencakup dimensi lingkungan, sosial, dan kepatuhan regulasi. Berdasarkan tinjauan tersebut, dapat diidentifikasi adanya gap penelitian berupa kurangnya model *Decision Support System* (DSS) yang secara khusus dirancang untuk mendukung pemilihan supplier ramah lingkungan dengan mempertimbangkan kriteria multi-dimensi. Sebagian penelitian yang ada masih bersifat konseptual tanpa visualisasi hasil yang memudahkan pengambil keputusan. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan metode AHP dan TOPSIS dalam konteks pemilihan supplier di Indonesia dengan data nyata, sehingga hasilnya kurang aplikatif untuk kebutuhan industri lokal. Gap ini penting diisi dengan penelitian yang tidak hanya menghasilkan model perhitungan tetapi juga menyajikan visualisasi hasil dalam bentuk tabel, grafik, dan dashboard yang dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang praktis.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang model DSS berbasis AHP-TOPSIS yang dapat membantu perusahaan dalam memilih supplier ramah lingkungan (*green supplier*) secara sistematis dan objektif. Model yang diusulkan menghasilkan bobot kriteria melalui AHP, peringkat supplier melalui TOPSIS, serta menyajikan hasil perhitungan dalam bentuk tabel, grafik, dan dashboard interaktif. Kontribusi penelitian ini adalah memberikan model pengambilan keputusan yang komprehensif dan aplikatif, yang mengintegrasikan aspek keberlanjutan (*sustainability*) dengan perhitungan kuantitatif dan visualisasi berbasis dashboard untuk mendukung pemahaman pengguna. Model ini juga diharapkan mampu menjadi alat bantu analitis yang memudahkan pengambil keputusan dalam menilai berbagai alternatif *supplier* secara lebih transparan.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penguatan aspek visualisasi interaktif yang menampilkan hasil analisis AHP-TOPSIS secara real-time melalui dashboard, serta penerapannya dalam konteks perusahaan manufaktur di Indonesia, yang masih jarang dilakukan dalam studi serupa. Selain itu, fokus pada *green supplier selection* memberikan dimensi keberlanjutan yang relevan dengan tren global dan kebijakan nasional terkait industri hijau, sehingga model ini dapat menjadi acuan praktis bagi perusahaan yang ingin meningkatkan keberlanjutan rantai pasok mereka. Pendekatan ini juga memperkuat keterhubungan antara hasil analisis dan implementasi strategi keberlanjutan di tingkat operasional perusahaan. Selain itu, integrasi komponen visualisasi memungkinkan pengguna untuk memahami hubungan antar kriteria dengan lebih intuitif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai *Decision Support System* (DSS) telah banyak dilakukan dalam konteks peningkatan kualitas pengambilan keputusan di berbagai bidang. Menurut [20], DSS berperan penting dalam mendukung analisis data yang kompleks melalui kombinasi database, model, dan antarmuka pengguna. Studi lain menambahkan bahwa penerapan DSS secara efektif dapat meningkatkan akurasi dan kecepatan proses pengambilan keputusan dalam lingkungan bisnis dan publik [21], [22]. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi DSS dengan sistem berbasis web memperkuat aksesibilitas informasi dan mempercepat proses evaluasi alternatif keputusan [23]. Dalam konteks rantai pasok, pendekatan DSS terbukti membantu dalam meminimalkan risiko keputusan melalui analisis multi-aspek yang melibatkan kualitas, harga, dan keandalan pemasok [24].

Pendekatan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) menjadi metode penting dalam penelitian yang melibatkan berbagai kriteria yang saling berhubungan. Menurut [25], MCDM memungkinkan pembuat keputusan menilai dan mengurutkan alternatif dengan mempertimbangkan banyak faktor secara bersamaan. Beberapa studi menegaskan bahwa penerapan metode ini efektif untuk mendukung proses seleksi pemasok, penilaian risiko, hingga optimalisasi rantai pasok [26], [27]. Variasi metode seperti AHP, TOPSIS, VIKOR, dan SAW masing-masing menawarkan kelebihan dalam perhitungan bobot, evaluasi jarak terhadap solusi ideal, maupun pengambilan keputusan kompromi [28]. Penelitian sebelumnya bahkan menekankan bahwa kombinasi beberapa metode MCDM dapat meningkatkan stabilitas hasil keputusan dan mengurangi subjektivitas [29].

Kombinasi metode AHP dan TOPSIS menjadi fokus dalam berbagai penelitian karena mampu menghasilkan keputusan yang lebih objektif dan akurat. Menurut [30], AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria melalui perbandingan berpasangan yang sistematis, sementara TOPSIS memeringkat alternatif berdasarkan kedekatan terhadap solusi ideal positif dan negatif [31]. Beberapa peneliti menemukan bahwa penerapan AHP-TOPSIS menghasilkan peringkat yang lebih stabil dibandingkan metode tunggal karena

mempertimbangkan bobot dan jarak antaralternatif secara bersamaan [9]. Selain itu, kombinasi metode ini juga menunjukkan fleksibilitas tinggi dalam menyesuaikan bobot keputusan sesuai perubahan kebijakan dan konteks organisasi [32]. Pendekatan tersebut menjadikan AHP-TOPSIS salah satu metode yang paling populer digunakan dalam sistem pendukung keputusan modern.

Perkembangan selanjutnya menunjukkan bahwa integrasi DSS dengan visualisasi berbasis *dashboard* menjadi tren baru dalam penyajian hasil analisis. Menurut [33], *dashboard* berfungsi menampilkan hasil evaluasi alternatif secara interaktif melalui grafik dan diagram, sehingga memudahkan pengguna memahami pola dan perbandingan antaralternatif. Visualisasi yang baik meningkatkan pemahaman pengguna terhadap hasil keputusan dan mempercepat proses interpretasi data [33]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penerapan *dashboard* interaktif dapat meningkatkan partisipasi pengambil keputusan serta mengurangi kesalahan persepsi terhadap data analitik [34], [35]. Integrasi visualisasi dalam DSS modern menjadi langkah strategis untuk meningkatkan transparansi dan efisiensi proses pengambilan keputusan.

Meskipun banyak penelitian sebelumnya telah menerapkan metode AHP, TOPSIS, VIKOR, maupun MOORA dalam konteks pemilihan *supplier*, sebagian besar studi tersebut masih terbatas pada analisis perhitungan dan pemeringkatan hasil tanpa menambahkan aspek visualisasi interaktif. Sebagian penelitian juga belum menekankan pentingnya keterpaduan antara hasil analisis numerik dan sistem pendukung berbasis web yang mampu diakses secara *real-time* oleh pengambil keputusan. Beberapa studi terbaru menyoroti kebutuhan integrasi antara model analitik dengan *dashboard* berbasis visual agar proses pengambilan keputusan menjadi lebih efisien dan dapat ditelusuri kembali. Kondisi ini menunjukkan bahwa tren penelitian di bidang DSS terus bergerak menuju arah integrasi antara analisis berbasis metode MCDM dan penyajian hasil yang lebih interaktif dan mudah diinterpretasikan oleh pengguna akhir [20].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Research and Development (R&D)*. Pemilihan pendekatan ini didasarkan pada tujuan penelitian yang tidak hanya mendeskripsikan fenomena, tetapi juga merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi sebuah DSS berbasis AHP dan TOPSIS untuk mendukung proses pemilihan *supplier*. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini membutuhkan pengumpulan data numerik dari para pakar yang kemudian diolah secara matematis untuk menghasilkan bobot kriteria dan peringkat alternatif. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menggabungkan analisis empiris dengan pengembangan sistem yang dapat diterapkan secara langsung di lingkungan industri.

Kerangka pengembangan dalam penelitian ini mengacu pada model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang dimodifikasi sesuai konteks. Tahap analisis mencakup identifikasi kebutuhan pengguna dan perumusan kriteria pemilihan *supplier*. Tahap desain dan pengembangan mencakup perancangan model AHP-TOPSIS dan implementasinya dalam bentuk *dashboard* berbasis web. Tahap implementasi dilakukan dengan menguji model pada studi kasus nyata, sedangkan tahap evaluasi dilakukan dengan menilai konsistensi data, akurasi hasil peringkat, serta tingkat kepuasan pengguna.

3.2. Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada sebuah perusahaan manufaktur yang secara rutin melakukan pengadaan bahan baku untuk mendukung proses produksinya. Pemilihan lokasi penelitian dilakukan secara purposif (*purposive sampling*) karena perusahaan tersebut menghadapi permasalahan kompleks dalam proses pemilihan *supplier*, terutama terkait konsistensi kualitas bahan baku dan ketepatan waktu pengiriman. Hal ini menjadikan perusahaan tersebut representatif untuk menguji efektivitas model Decision Support System (DSS) berbasis Analytic Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yang diusulkan. Kondisi tersebut memberikan konteks nyata yang relevan untuk menguji keandalan model yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Subjek penelitian melibatkan para pengambil keputusan yang memiliki pengalaman langsung dalam proses pemilihan *supplier*. Terdapat tiga kelompok pakar yang terlibat, yaitu manajer pengadaan, manajer kualitas, dan manajer produksi, masing-masing terdiri dari 3-5 orang, sehingga total responden berkisar antara 9-15 orang. Pemilihan responden mempertimbangkan kriteria pengalaman kerja minimal tiga tahun di bidang pengadaan atau manajemen rantai pasok, pemahaman mendalam terhadap kriteria evaluasi *supplier*, serta kesediaan memberikan data dan berpartisipasi dalam proses wawancara maupun pengisian kuesioner. Komposisi responden ini diharapkan mampu memberikan pandangan yang beragam namun saling melengkapi dalam proses penilaian *supplier*.

Jumlah pakar yang dilibatkan tergolong terbatas (9-5 orang), sehingga hasil penelitian ini lebih menekankan pada validitas internal dan kedalaman analisis kasus dibandingkan generalisasi yang luas. Penelitian lanjutan disarankan untuk melibatkan lebih banyak responden serta menggunakan uji konsensus, seperti *Kendall's Coefficient of Concordance (W)*, guna memperkuat validitas metodologis hasil penelitian. Meskipun demikian, jumlah responden tersebut sudah memadai untuk penelitian pengembangan yang menekankan eksplorasi dan pengujian model. Selain itu, pendekatan ini memungkinkan peneliti melakukan analisis yang lebih mendalam terhadap perilaku pengambilan keputusan.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan melalui beberapa pendekatan yang saling melengkapi agar hasil yang diperoleh lebih komprehensif. Tahap pertama dilakukan wawancara terstruktur dengan para pakar untuk mengidentifikasi kriteria-kriteria yang relevan dalam pemilihan supplier. Wawancara ini juga berfungsi untuk memvalidasi apakah kriteria yang digunakan sesuai dengan kebijakan dan kebutuhan perusahaan. Pendekatan wawancara ini memberikan pemahaman kontekstual yang penting sebelum proses kuantifikasi data dilakukan.

Tahap selanjutnya adalah penyebaran kuesioner perbandingan berpasangan untuk memperoleh bobot kriteria menggunakan metode AHP. Responden diminta memberikan penilaian menggunakan skala 1-9 sesuai *Saaty's fundamental scale* sehingga diperoleh matriks perbandingan yang konsisten. Selain itu, dilakukan pengumpulan data historis mengenai kinerja supplier terkait kualitas, harga, waktu pengiriman, dan tingkat layanan, yang kemudian diolah dalam perhitungan TOPSIS. Data kuantitatif tersebut menjadi dasar utama dalam proses analisis untuk menghasilkan peringkat alternatif yang objektif.

3.4. Teknik Analisa Data

Analisis data dimulai dengan menghitung bobot kriteria dari hasil kuesioner AHP. Perhitungan dilakukan dengan cara menjumlahkan nilai pada setiap kolom matriks, menormalkan matriks, dan menghitung vektor eigen untuk mendapatkan bobot relatif. Konsistensi jawaban diuji melalui rasio konsistensi (CR), dan jika $CR \leq 0,1$ maka hasil dianggap valid. Langkah ini bertujuan memastikan bahwa setiap kriteria memiliki bobot yang proporsional sesuai tingkat kepentingannya menurut penilaian pakar.

Data kinerja supplier kemudian dianalisis menggunakan metode TOPSIS dengan langkah-langkah normalisasi, pembobotan matriks, identifikasi solusi ideal positif dan negatif, perhitungan jarak setiap alternatif terhadap solusi ideal, dan akhirnya menghitung nilai kedekatan relatif untuk menentukan peringkat. Hasil akhir diintegrasikan dalam *dashboard* berbasis *web* sehingga pengguna dapat melihat visualisasi peringkat supplier dalam bentuk grafik, diagram batang, atau peta panas. Integrasi metode TOPSIS dengan *dashboard* memungkinkan pengguna memahami hubungan antar kriteria dan kinerja *supplier* secara lebih intuitif. Visualisasi ini juga membantu proses pengambilan keputusan menjadi lebih efisien karena informasi disajikan secara interaktif dan mudah diinterpretasikan.

3.5. Validitas dan Reliabilitas

Validitas penelitian dijaga melalui validasi isi (*content validity*) dengan melibatkan pakar untuk memastikan bahwa kriteria yang digunakan benar-benar mewakili aspek yang penting dalam pemilihan supplier. Selain itu, dilakukan *expert review* terhadap instrumen kuesioner sehingga bahasa, format, dan urutan pertanyaan dapat dipahami dengan baik oleh responden. Reliabilitas diuji melalui pengukuran konsistensi internal jawaban responden menggunakan rasio konsistensi AHP. Apabila nilai CR melebihi 0,1, maka responden diminta mengulang pengisian kuesioner agar diperoleh data yang lebih konsisten. Dengan cara ini, hasil yang diperoleh dapat dipercaya dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

3.6. Etika Penelitian

Penelitian ini memperhatikan prinsip etika penelitian, dimulai dengan memberikan informasi yang jelas mengenai tujuan penelitian kepada seluruh responden dan meminta persetujuan partisipasi secara sukarela melalui informed consent. Identitas responden dijaga kerahasiaannya, dan data yang dikumpulkan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian. Prosedur ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh responden memahami hak dan kewajiban mereka sebelum terlibat dalam penelitian. Selain itu, pendekatan ini menjamin bahwa proses pengumpulan data berlangsung dengan menghormati nilai-nilai privasi dan kejujuran ilmiah.

Peneliti memastikan tidak ada unsur paksaan, manipulasi, atau potensi konflik kepentingan yang dapat mempengaruhi keaslian data. Selain itu, proses pengolahan data dilakukan secara transparan dan hasil penelitian dilaporkan sesuai dengan temuan tanpa rekayasa. Dengan demikian, integritas penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara akademik. Langkah-langkah ini mencerminkan komitmen peneliti dalam menjaga kredibilitas hasil penelitian di seluruh tahap pelaksanaannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi Kriteria Pemilihan Supplier

Identifikasi kriteria merupakan langkah awal yang penting dalam proses MCDM untuk pemilihan supplier. Pada penelitian ini, empat kriteria utama digunakan sebagai dasar penilaian, yaitu harga, kualitas, waktu pengiriman, dan layanan. Setiap kriteria dipilih berdasarkan relevansi terhadap efisiensi rantai pasok serta kesesuaiannya dengan tujuan perusahaan untuk meningkatkan kinerja pengadaan. Penetapan kriteria tersebut dilakukan melalui diskusi dengan pakar pengadaan agar seluruh aspek strategis dalam rantai pasok dapat terwakili secara proporsional.

Kriteria tersebut dijabarkan secara rinci pada Tabel 2, yang menampilkan indikator penilaian serta alasan pemilihan masing-masing kriteria. Misalnya, kriteria harga dipertimbangkan untuk memastikan efisiensi biaya, sedangkan kualitas penting untuk menjaga kepuasan pelanggan dan mengurangi risiko retur produk. Waktu pengiriman menjadi kunci dalam menjamin kelancaran produksi, sementara layanan diperlukan untuk membangun hubungan jangka panjang yang saling menguntungkan dengan supplier.

Tabel 2. Identifikasi Kriteria Pemilihan Supplier

Kriteria	Indikator	Alasan Pemilihan
Harga	Stabilitas harga, diskon, dan kesesuaian dengan anggaran	Harga yang kompetitif penting untuk efisiensi biaya perusahaan
Kualitas	Jumlah produk cacat, kesesuaian spesifikasi, sertifikasi kualitas	Kualitas berpengaruh pada kepuasan pelanggan dan mengurangi retur
Waktu Pengiriman	Ketepatan waktu pengiriman, <i>lead time</i> , frekuensi keterlambatan	Pengiriman tepat waktu memastikan kelancaran produksi
Layanan	Kecepatan respon, komunikasi, layanan purna jual	Layanan yang baik mendukung hubungan jangka panjang dengan supplier

Identifikasi ini menjadi dasar dalam penyusunan matriks perbandingan berpasangan pada metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan bobot kepentingan relatif dari masing-masing kriteria. Proses ini melibatkan evaluasi mendalam terhadap hubungan antar unsur yang berpengaruh dalam pengambilan keputusan. Hasil dari identifikasi tersebut membantu peneliti memahami prioritas kriteria secara lebih jelas sebelum dilakukan perbandingan kuantitatif. Tahapan ini menjadi bagian penting dalam memastikan bahwa keputusan yang diambil memiliki dasar yang logis dan terukur.

4.2. Hasil Perhitungan Bobot Kriteria AHP

4.2.1. Matriks perbandingan berpasangan (*Pairwise Comparison Matrix*)

Matriks berikut adalah matriks AHP yang dipakai (nilai mengikuti skala Saaty; matriks bersifat resiprokal). Tabel 3 menampilkan matriks perbandingan berpasangan yang digunakan untuk menghitung bobot kriteria dengan metode AHP. Nilai pada tabel mengikuti skala Saaty dan bersifat resiprokal, memastikan setiap kriteria dibandingkan satu sama lain secara berpasangan. Matriks ini menjadi dasar perhitungan normalisasi dan pembobotan sehingga sangat menentukan hasil akhir pengambilan keputusan.

Tabel 3. Matriks Perbandingan Berpasangan

Kriteria \ Kriteria	Harga	Kualitas	Waktu Pengiriman	Layanan
Harga	1	3	2	2
Kualitas	1/3	1	1/2	1/2
Waktu Pengiriman	1/2	2	1	1
Layanan	1/2	2	1	1

Proses perhitungan normalisasi pada matriks perbandingan berpasangan memerlukan data kolom jumlah dari setiap kriteria. Nilai kolom jumlah ini diperoleh dari hasil penjumlahan nilai pada setiap kolom dalam matriks perbandingan. Data ini akan digunakan untuk menghitung nilai normalisasi dari setiap elemen matriks agar bobot yang dihasilkan bersifat proporsional. Kolom jumlah (digunakan untuk normalisasi): [2.3333, 8.0000, 4.5000, 4.5000].

4.2.2. Matriks Ternormalisasi

Hasil menunjukkan, Tabel 4 normalisasi matriks perbandingan berpasangan, di mana setiap nilai dibagi dengan jumlah kolom terkait. Proses normalisasi ini membuat setiap kolom memiliki total 1, sehingga memudahkan perhitungan rata-rata baris untuk mendapatkan bobot kriteria. Dari Tabel 4 terlihat bahwa

kriteria harga memiliki nilai relatif terbesar pada sebagian besar kolom, menandakan tingkat kepentingan yang lebih dominan.

Tabel 4. Matriks ternormalisasi (kolom dinormalisasi)

Kriteria \ Kriteria	Harga	Kualitas	Waktu Pengiriman	Layanan
Harga	0.4286	0.3750	0.4444	0.4444
Kualitas	0.1429	0.1250	0.1111	0.1111
Waktu Pengiriman	0.2143	0.2500	0.2222	0.2222
Layanan	0.2143	0.2500	0.2222	0.2222

Proses normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala antar kriteria sehingga setiap nilai dapat dibandingkan secara proporsional. Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap elemen matriks perbandingan berpasangan dengan jumlah kolomnya masing-masing. Langkah ini bertujuan agar setiap kolom memiliki total nilai satu dan memudahkan dalam menghitung bobot relatif tiap kriteria. Penjelasan singkat: tiap elemen = nilai matriks / jumlah kolom terkait.

4.2.3. Bobot Kriteria dan Pemeriksaan Konsistensi

Bobot akhir kriteria hasil perhitungan rata-rata baris serta pemeriksaan konsistensi AHP menggunakan λ_{max} , *Consistency Index (CI)*, dan *Consistency Ratio (CR)* dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil menunjukkan bobot tertinggi dimiliki oleh harga (42,31%), diikuti waktu pengiriman dan layanan (masing-masing 22,72%), dan kualitas (12,25%). Nilai CR sebesar 0,38% jauh di bawah ambang 10%, sehingga penilaian dinyatakan konsisten dan layak digunakan pada tahap perankingan menggunakan metode TOPSIS.

Tabel 5. Bobot kriteria

Kriteria	Bobot (desimal)	Bobot (%)
Harga	0.4231	42.31 %
Kualitas	0.1225	12.25 %
Waktu Pengiriman	0.2272	22.72 %
Layanan	0.2272	22.72 %

Nilai bobot pada setiap kriteria memberikan gambaran mengenai tingkat kepentingan masing-masing aspek dalam proses pengambilan keputusan. Data yang dihasilkan menunjukkan adanya variasi proporsi yang mencerminkan prioritas pengguna terhadap faktor-faktor tertentu. Informasi ini dapat membantu dalam memahami kecenderungan keputusan berdasarkan kriteria yang dianggap paling relevan. Interpretasi: Harga adalah kriteria paling dominan ($\approx 42.3\%$), diikuti oleh Waktu Pengiriman dan Layanan (masing-masing $\approx 22.7\%$), lalu Kualitas ($\approx 12.3\%$).

4.2.4. Pemeriksaan konsistensi AHP

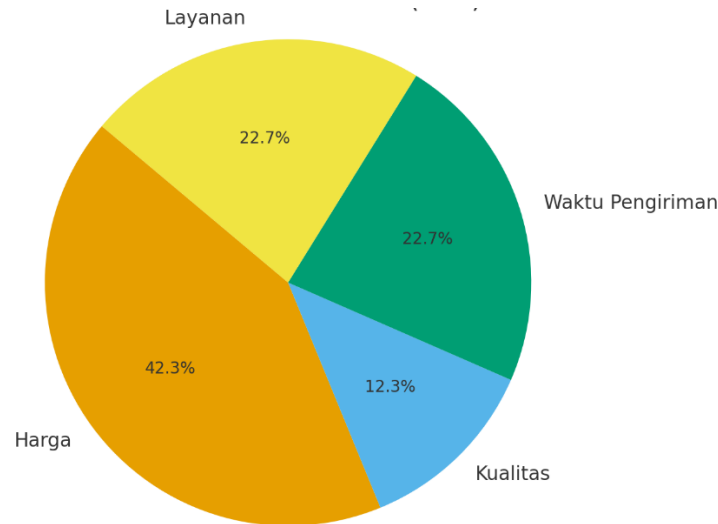
Untuk memastikan konsistensi penilaian pakar dalam metode AHP, dilakukan perhitungan nilai *eigen maksimum* (λ_{max}), *Consistency Index (CI)*, dan *Consistency Ratio (CR)*. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh $\lambda_{max} \approx 4,0104$. Nilai *Consistency Index* dihitung dengan rumus $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ sehingga diperoleh $CI \approx 0,0035$. Sementara itu, nilai *Random Index (RI)* untuk $n = 4$ adalah 0,90 sesuai dengan tabel Saaty, sehingga *Consistency Ratio (CR)* dapat dihitung menjadi $CR = CI / RI \approx 0,0038$ atau sekitar 0,38%. Karena nilai CR jauh lebih kecil dari 0,10, maka *matrix pairwise comparison* dinyatakan konsisten dan bobot yang diperoleh dapat digunakan untuk perhitungan tahap berikutnya, seperti metode TOPSIS.

4.2.5. Distribusi Bobot Kriteria

Distribusi bobot kriteria yang dihasilkan melalui metode AHP divisualisasikan pada Gambar 1. Visualisasi ini memperjelas proporsi kepentingan relatif antar kriteria, di mana terlihat bahwa harga memiliki bobot terbesar yaitu sekitar 42,31%, menjadikannya faktor paling dominan dalam pemilihan supplier. Sementara itu, waktu pengiriman dan layanan menempati posisi yang seimbang dengan bobot masing-masing 22,72%, mengindikasikan bahwa keandalan pasokan dan dukungan layanan menjadi pertimbangan strategis setelah faktor biaya. Adapun kualitas memiliki bobot terkecil (12,25%), tetapi tetap signifikan karena berkontribusi terhadap kepuasan pelanggan dan penurunan risiko produk cacat.

Dominasi kriteria harga mencerminkan orientasi efisiensi biaya yang kuat pada industri manufaktur di Indonesia. Namun, bobot signifikan pada waktu pengiriman dan layanan menunjukkan bahwa perusahaan

mulai menyeimbangkan efisiensi dengan keandalan operasional. Kombinasi bobot ini menandakan adanya kompromi strategis antara penghematan jangka pendek dan keberlanjutan jangka panjang dalam pengelolaan rantai pasok. Hasil ini mengindikasikan bahwa perusahaan mempertimbangkan dimensi praktis dan strategis secara bersamaan dalam menetapkan prioritas evaluasi *supplier*.



Gambar 1. Distribusi Bobot Kriteria AHP

Visualisasi dalam Gambar 1 membantu pengambil keputusan memahami prioritas strategis secara intuitif, sehingga mempermudah komunikasi hasil kepada manajemen dan pihak terkait. Distribusi yang seimbang antara waktu pengiriman dan layanan juga menunjukkan bahwa perusahaan mengutamakan keberlanjutan hubungan jangka panjang dengan *supplier*, bukan hanya aspek harga semata. Temuan ini sejalan dengan studi terdahulu yang menekankan pentingnya mempertimbangkan dimensi non-finansial dalam evaluasi *supplier*. Pendekatan visual ini juga memungkinkan analisis dilakukan secara lebih efisien karena informasi utama dapat dikenali tanpa harus membaca seluruh data mentah yang kompleks.

4.3. Analisis Peringkat *Supplier* Menggunakan TOPSIS

Proses perankingan menggunakan TOPSIS dimulai dari matriks normalisasi yang ditampilkan pada Tabel 6, dilanjutkan pembobotan berdasarkan bobot AHP terdapat pada Tabel 7. Dalam menentukan solusi ideal positif dan negatif, kriteria yang bersifat *cost* (Harga dan Waktu Pengiriman) diperlakukan berbeda arah dibandingkan kriteria benefit (Kualitas dan Layanan); nilai ideal dan negatif untuk setiap kriteria dirangkum pada Tabel 8. Dengan menggunakan jarak *Euclidean* terhadap kedua solusi ideal tersebut, diperoleh *closeness coefficient* untuk tiap *supplier*-nilai yang menjadi dasar peringkat akhir seperti disajikan pada Tabel 9. Prosedur ini memastikan peringkat merefleksikan kedekatan relatif setiap alternatif terhadap kondisi ideal yang mempertimbangkan bobot prioritas organisasi.

Tabel 6. Matriks Normalisasi Topsis

Supplier	Harga (Cost)	Kualitas (Benefit)	Waktu Pengiriman (Cost)	Layanan (Benefit)
A	0.34	0.82	0.40	0.75
B	0.50	0.65	0.55	0.60
C	0.42	0.90	0.48	0.85
D	0.47	0.70	0.52	0.62

Tabel 7. Weighted Normalized Matrix

Supplier	Harga (0.4231)	Kualitas (0.1225)	Waktu Pengiriman (0.2272)	Layanan (0.2272)
A	0.1443	0.1006	0.0909	0.1704
B	0.2115	0.0796	0.1240	0.1363
C	0.1777	0.1103	0.1090	0.1931
D	0.1989	0.0858	0.1181	0.1410

Tabel 8. Solusi Ideal Positif dan Negatif

Kriteria	Ideal Positif	Ideal Negatif
Harga (Cost)	0.1443 (min)	0.2115 (max)
Kualitas (Benefit)	0.1103 (max)	0.0796 (min)
Waktu Pengiriman (Cost)	0.0909 (min)	0.1240 (max)
Layanan (Benefit)	0.1931 (max)	0.1363 (min)

Tabel 9. Jarak Euclidean dan Closeness Coefficient

Supplier	D+ (Jarak ke Ideal Positif)	D- (Jarak ke Ideal Negatif)	Closeness Coefficient	Peringkat
A	0.039	0.260	0.870	1
B	0.225	0.075	0.250	4
C	0.060	0.230	0.793	2
D	0.160	0.120	0.429	3

Dari hasil numerik pada Tabel 9, Supplier A memperoleh *closeness coefficient* tertinggi (0,870) sehingga menempati peringkat pertama, diikuti Supplier C (0,793), Supplier D (0,429), dan Supplier B (0,250). Interpretasi angka-angka ini mengungkapkan pola kompromi antara biaya dan performa non-harga: Supplier A unggul karena kombinasi harga kompetitif dan performa layanan/ kualitas yang memadai, sehingga secara keseluruhan paling dekat dengan profil solusi ideal. Supplier C menunjukkan kekuatan pada kriteria kualitas dan layanan (mendorong *closeness* tinggi), namun biaya yang relatif lebih tinggi menurunkan posisinya sedikit di bawah A. Supplier B, meski murah, memiliki nilai kualitas/layanan yang lebih rendah sehingga kedekatannya ke solusi ideal paling kecil. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan bobot bukan hanya skor mentah karena bobot AHP (Harga \approx 42%) memberi pengaruh besar pada hasil akhir.

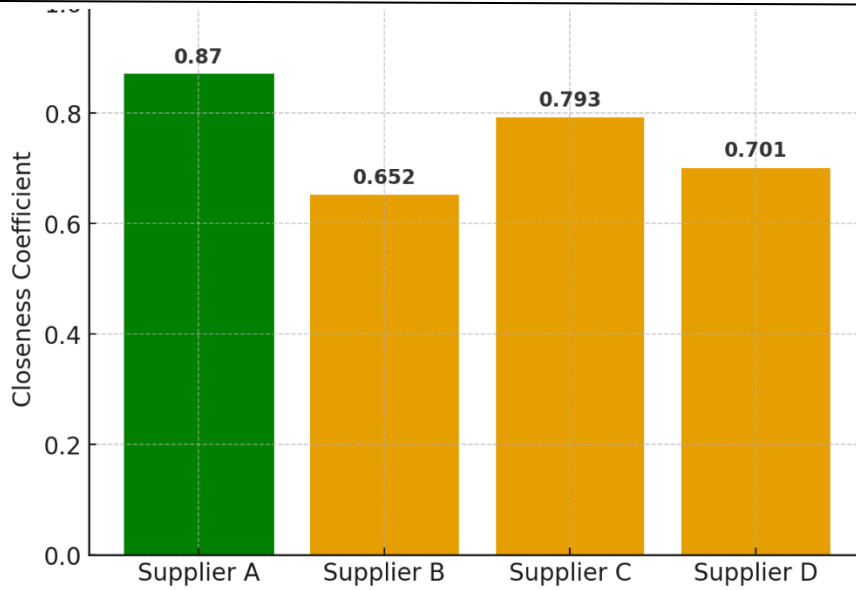
Analisis sensitivitas yang disajikan di Tabel 10 menilai stabilitas peringkat terhadap variasi bobot kriteria dominan, khususnya Harga ($\pm 10\%$). Hasilnya menunjukkan peringkat puncak relatif stabil Supplier A tetap peringkat 1 pada semua skenario tetapi posisi menengah dan bawah bisa bergeser (contoh: Supplier B bergerak dari peringkat 4 ke 3 saat bobot Harga dikurangi 10%). Temuan ini memiliki dua implikasi praktis: pertama, keputusan akhir untuk supplier puncak (Supplier A) relatif andal terhadap perubahan prioritas moderat; kedua, bagi pilihan alternatif (peringkat 2-4) perusahaan perlu melakukan sensitivity check berkala, terutama bila perbedaan closeness antar alternatif kecil. Dengan kata lain, manajemen sebaiknya tidak mengandalkan satu skenario bobot saja, melainkan mempertimbangkan skenario kebijakan berbeda (mis. menambah bobot Kualitas atau memasukkan kriteria *sustainability*).

Tabel 10. Analisis Sensitivitas (Variasi Bobot Harga $\pm 10\%$)

Supplier	Peringkat Asli	Peringkat Jika Harga +10%	Peringkat Jika Harga -10%
A	1	1	1
B	4	4	3
C	2	2	2
D	3	3	4

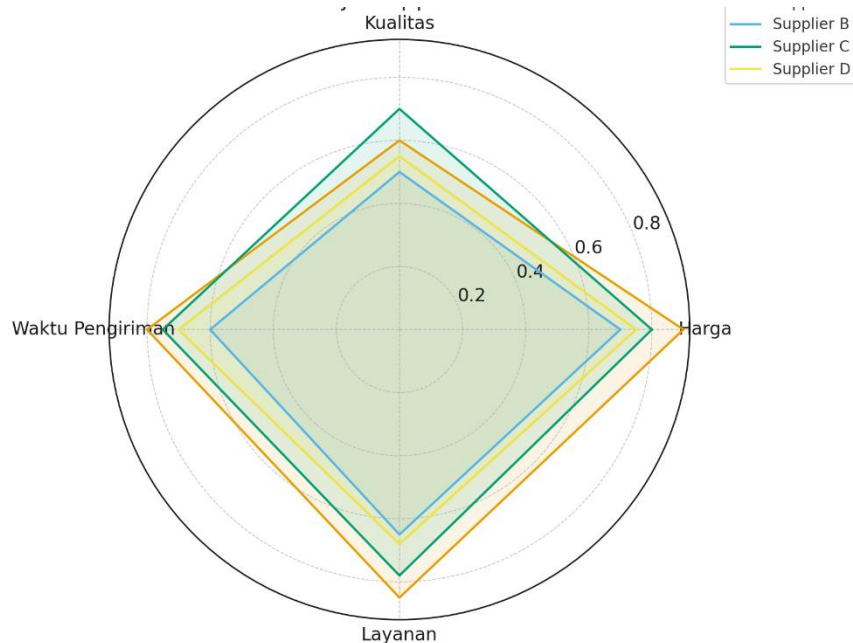
4.4. Visualisasi Hasil Menggunakan Dashboard

Visualisasi hasil analisis menggunakan dashboard memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai distribusi bobot kriteria dan peringkat supplier. Pada dashboard ini ditampilkan grafik lingkaran yang menggambarkan distribusi bobot antar kriteria (Gambar 1), sehingga terlihat jelas bahwa harga merupakan faktor dominan dengan bobot 42,3%, diikuti waktu pengiriman dan layanan dengan bobot seimbang 22,7%, serta kualitas dengan bobot 12,3%. Penyajian ini memudahkan manajemen dalam memahami prioritas strategis secara intuitif. Selanjutnya Gambar 2, dashboard juga memuat hasil perhitungan *closeness coefficient* dari metode TOPSIS, di mana Supplier A menempati peringkat tertinggi dengan nilai 0,870, diikuti oleh Supplier C dengan 0,793, kemudian Supplier D dan B dengan nilai lebih rendah.



Gambar 2. Hasil Peringkat Supplier Menggunakan TOPSIS

Selain itu, dashboard dilengkapi dengan grafik radar pada Gambar 3 yang menampilkan profil kinerja masing-masing supplier berdasarkan empat kriteria utama. Visualisasi ini memungkinkan pengambil keputusan untuk mengidentifikasi keunggulan relatif setiap supplier secara lebih rinci, misalnya Supplier A lebih unggul dalam harga dan layanan, sedangkan Supplier C memiliki performa yang lebih seimbang di semua aspek. Lebih lanjut, dashboard ini juga dirancang interaktif dengan adanya fitur analisis sensitivitas berupa pengaturan bobot kriteria. Perubahan bobot secara otomatis akan memperbarui grafik distribusi bobot, radar chart, dan peringkat supplier. Dengan demikian, dashboard tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai prototipe sistem pendukung keputusan yang mampu memberikan fleksibilitas dalam mengevaluasi dampak perubahan prioritas terhadap hasil pemilihan supplier.



Gambar 3. Profil Kinerja Supplier Berdasarkan Kriteria

5. DISKUSI

Temuan penelitian memperlihatkan bahwa biaya masih menjadi faktor dominan dalam pemilihan pemasok,

sebagaimana tercermin dari bobot tertinggi yang diberikan pada kriteria tersebut. Kondisi ini sejalan dengan temuan beberapa studi MCDM sebelumnya yang menunjukkan bahwa efisiensi biaya tetap menjadi pertimbangan utama dalam pengambilan keputusan rantai pasok, terutama di negara berkembang [36], [37]. Namun demikian, hasil penelitian ini juga menegaskan pergeseran paradigma menuju pengambilan keputusan yang lebih seimbang, di mana faktor non-finansial seperti ketepatan pengiriman dan mutu layanan memperoleh bobot yang relatif setara. Hal ini menunjukkan adanya kesadaran organisasi terhadap pentingnya reliabilitas dan kualitas relasional dalam jangka panjang, bukan semata efisiensi ekonomi jangka pendek.

Dalam kerangka teori MCDM, hasil ini memperkuat konsep bahwa pengambilan keputusan optimal tidak hanya mempertimbangkan satu dimensi utilitas, melainkan melibatkan kompromi antar kriteria yang saling bertentangan [38]. Pendekatan ini menegaskan bahwa keputusan yang kompleks memerlukan integrasi antara analisis kualitatif dan kuantitatif. Selain itu, metode ini juga membantu pengambil keputusan memahami sejauh mana perubahan bobot kriteria dapat memengaruhi hasil akhir pemeringkatan. Dengan demikian, penggunaan metode *AHP-TOPSIS* dalam penelitian ini mampu mengungkap *trade-off* antar kriteria dan menyediakan justifikasi kuantitatif bagi pemilihan *supplier* yang paling rasional.

Hasil peringkat alternatif menunjukkan bahwa pemasok dengan kinerja terbaik bukan hanya unggul dalam aspek biaya, tetapi juga memiliki stabilitas pada dimensi kualitas, waktu pengiriman, dan layanan purna jual. Hal ini selaras dengan prinsip *Green Supply Chain Management (GSCM)* yang menekankan pentingnya keseimbangan antara efisiensi ekonomi, tanggung jawab lingkungan, dan kinerja operasional [39]. Pemasok yang berorientasi keberlanjutan umumnya tidak hanya berfokus pada harga, tetapi juga mengedepankan kepatuhan terhadap standar mutu dan ketepatan pasokan sebagai bentuk tanggung jawab sosial dan lingkungan. Sebaliknya, pemasok dengan peringkat rendah cenderung memiliki kelemahan pada satu atau lebih dimensi non-finansial, meskipun menawarkan harga yang kompetitif.

Temuan ini memberikan implikasi teoritis bahwa efektivitas model *MCDM* dalam konteks *GSCM* tidak hanya ditentukan oleh akurasi perhitungan bobot, tetapi juga oleh kemampuan sistem dalam menangkap dinamika prioritas organisasi yang dipengaruhi oleh konteks ekonomi dan regulasi lokal. Faktor-faktor eksternal seperti kebijakan pemerintah dan tuntutan konsumen juga memengaruhi bagaimana organisasi menyesuaikan prioritasnya. Selain itu, mekanisme evaluasi internal yang berbasis data membantu perusahaan memastikan bahwa keputusan yang diambil tetap konsisten dengan tujuan jangka panjangnya. Dalam kasus ini, konteks Indonesia dengan tekanan efisiensi biaya yang tinggi namun meningkatnya perhatian terhadap keberlanjutan menunjukkan bahwa integrasi metode kuantitatif dan pertimbangan strategis dapat menghasilkan keputusan yang lebih realistis dan adaptif.

Dari sisi praktis, penelitian ini menegaskan perlunya perusahaan menerapkan pendekatan multi-kriteria dalam strategi pengadaan. Dengan menimbang faktor non-finansial secara proporsional, perusahaan dapat memperkuat stabilitas rantai pasok dan mengurangi risiko kegagalan pasokan. Di sisi lain, metode *AHP-TOPSIS* memberikan nilai tambah berupa objektivitas, transparansi, dan konsistensi dalam proses pengambilan keputusan, mengurangi ketergantungan pada intuisi subjektif semata. Penerapan metode ini juga mempermudah proses evaluasi berkelanjutan terhadap kinerja pemasok dari waktu ke waktu.

Dari sisi akademis, penelitian ini memperkaya literatur *MCDM* dan *GSCM* dengan membuktikan bahwa integrasi kedua kerangka tersebut mampu menghasilkan model pengambilan keputusan yang lebih akurat dan kontekstual. Pendekatan terpadu ini memberikan landasan teoritis yang lebih kuat untuk penelitian lanjutan di bidang manajemen rantai pasok. Selain itu, temuan tersebut juga membuka peluang eksplorasi terhadap metode pengambilan keputusan yang melibatkan aspek sosial dan lingkungan secara lebih mendalam. Selain itu, hasil penelitian menegaskan perlunya kombinasi perspektif kuantitatif dan kualitatif agar keputusan strategis lebih mencerminkan kondisi nyata di lapangan, sekaligus memperkuat teori pengambilan keputusan berbasis keberlanjutan dalam konteks industri manufaktur di negara berkembang.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan pemasok merupakan proses multi-kriteria yang menuntut keseimbangan antara efisiensi biaya dan keandalan operasional. Harga masih menjadi faktor dominan, namun ketepatan pengiriman dan mutu layanan juga memiliki kontribusi penting terhadap stabilitas rantai pasok. Temuan ini menegaskan bahwa keputusan pengadaan tidak dapat hanya berorientasi pada penghematan

biaya, tetapi perlu mempertimbangkan dimensi kualitas dan keberlanjutan hubungan jangka panjang. Selain itu, faktor kepercayaan dan komunikasi antara perusahaan dan *supplier* turut memengaruhi efektivitas jangka panjang dalam proses kolaborasi rantai pasok.

Integrasi AHP-TOPSIS terbukti efektif dalam menghasilkan peringkat pemasok yang objektif dan konsisten, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih rasional. Secara teoretis, hasil ini memperkuat penerapan teori *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) dalam konteks *Green Supply Chain Management* (GSCM), terutama di lingkungan industri manufaktur Indonesia. Pendekatan ini memperluas pemahaman bahwa keputusan optimal dalam rantai pasok tidak hanya didasarkan pada efisiensi ekonomi, tetapi juga pada kriteria non-finansial yang mendukung keberlanjutan. Temuan ini juga memberikan dasar bagi penelitian lanjutan untuk menguji konsistensi metode pada berbagai sektor industri dengan kompleksitas kriteria yang berbeda.

Secara praktis, penelitian ini memberikan acuan bagi manajer pengadaan untuk mengadopsi sistem pendukung keputusan berbasis multi-kriteria guna meningkatkan objektivitas dan transparansi evaluasi pemasok. Penerapan sistem ini juga dapat meningkatkan efisiensi proses evaluasi dengan mengurangi subjektivitas dalam penilaian. Selain itu, hasil yang diperoleh dapat dijadikan dasar dalam pengembangan kebijakan pengadaan yang lebih terukur dan berorientasi pada keberlanjutan. Penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas jumlah responden dan menambahkan variabel keberlanjutan lingkungan seperti efisiensi energi atau emisi karbon, serta menguji model dengan pendekatan *fuzzy MCDM* atau *machine learning* agar hasilnya lebih adaptif terhadap kompleksitas situasi nyata.

6.2 Saran

Perusahaan yang akan menggunakan hasil penelitian ini dapat memanfaatkan model *AHP-TOPSIS* sebagai alat bantu dalam proses seleksi pemasok untuk memperoleh keputusan yang lebih rasional dan sistematis. Implementasi dalam bentuk sistem informasi atau *dashboard* akan semakin mempermudah penyampaian hasil analisis kepada manajemen serta mempercepat proses evaluasi. Integrasi model ini ke dalam sistem manajemen rantai pasok juga dapat memperkuat koordinasi antar departemen yang terlibat dalam proses pengadaan. Selain itu, pelatihan bagi pengguna sistem diperlukan agar hasil analisis dapat diinterpretasikan dengan tepat dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif.

Penelitian selanjutnya dapat memperluas konteks penerapan dengan melibatkan sektor industri yang berbeda atau menambahkan kriteria tambahan yang relevan dengan kebutuhan praktis, seperti aspek keberlanjutan atau kepatuhan regulasi. Variasi konteks industri akan memberikan pemahaman yang lebih luas mengenai fleksibilitas metode dalam menghadapi karakteristik data yang berbeda. Pengujian terhadap kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif juga dapat memberikan perspektif yang lebih komprehensif terhadap pengambilan keputusan berbasis multi-kriteria. Selain itu, pemanfaatan jumlah pakar yang lebih banyak dalam proses penilaian akan meningkatkan validitas hasil dan memperkaya temuan yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Aspriyono, "Implementasi Metode Waterfall Dalam Pembuatan E-Learning Pada SMK Teknik PAL Surabaya Menggunakan Codeigniter Dan MySQL," *Simkom*, vol. 6, no. 1, pp. 58–65, 2021, doi: 10.51717/simkom.v6i1.55.
- [2] H. H. Ali *et al.*, "Investigating The Integration of Environmentally Friendly Practices and Green Materials Throughout the Construction Supply Chain," *Int. J. Constr. Supply Chain Manag.*, vol. 13, no. 1, pp. 276–288, 2023, doi: 10.14424/jescm2023130116.
- [3] R. Raman, A. Sreenivasan, S. Ma, A. Patwardhan, and P. Nedungadi, "Green Supply Chain Management Research Trends and Linkages to UN Sustainable Development Goals," *Sustainability*, vol. 15, no. 22, p. 15848, 2023, doi: 10.3390/su152215848.
- [4] N. Saini, K. Malik, and S. Sharma, "Transformation of Supply Chain Management to Green Supply Chain Management: Certain investigations for research and applications," *Clean. Mater.*, vol. 7, no. January, p. 100172, 2023, doi: 10.1016/j.clema.2023.100172.
- [5] R. Sandrilla, "Pengaruh Green Accounting, Green Intellectual Capital, dan Sustainability Reporting Disclosure Terhadap Kinerja Keuangan dengan Good Corporate Governance Sebagai Variabel Moderasi," Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, 2025. [Online].

Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/75427/>

- [6] H. Ansari and I. . Tahir, *Green Public Procurement dalam Pembangunan Keberlanjutan*. Epigraf Komunikata Prima, 2023. [Online]. Available: <https://eprints2.ipdn.ac.id/id/eprint/988/>
- [7] M. R. Asadabadi, E. Chang, and M. Saberi, "Are MCDM Methods Useful? A Critical Review of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Analytic Network Process (ANP)," *Cogent Eng.*, vol. 6, no. 1, p. 1623153, 2019, doi: 10.1080/23311916.2019.1623153.
- [8] H. A. Wijaya, "Penerapan Metode TOPSIS dalam Menentukan Reseller Terbaik," *J. Ilmu Komput. dan Komput.*, vol. 1, no. 3, pp. 96–104, 2025, doi: 10.3233/jifs-202417.
- [9] D. Fitria and Mardiningsih, "Kajian Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Serta Penerapannya," *J. Pendidik. Berkarakter*, vol. 2, no. 1, pp. 128–137, 2024, doi: 10.51903/pendekar.v2i1.578.
- [10] A. Pramudito, P. R. Wanarti, M. Rohman, and L. A. Anifah, "Analisis dan Simulasi Sistem Kontrol Suhu Otomatis Berbasis Fuzzy Logic," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–15, 1962, doi: 10.26740/jte.v14n1.p43-47.
- [11] M. Rizqy and E. P. Silmina, "Perancangan dan Implementasi Dashboard Berbasis Web untuk Meningkatkan Transparansi dan Pengawasan Kinerja Menggunakan Metode Waterfall," *Informatics Comput. Eng. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 54–61, 2025, doi: 10.31294/icej.v5i1.7683.
- [12] C. Chen, "A Novel Multi-Criteria Decision-Making Model for Building Material Supplier Selection Based on Entropy-AHP Weighted TOPSIS," *Entropy*, vol. 22, no. 259, pp. 10–12, 2020, doi: 10.3390/e22020259.
- [13] D. U. Ozsahin, H. Gökçekuş, B. Uzun, and James LaMoreaux, *Application of Multi-Criteria Decision Analysis in Environmental and Civil Engineering*. Springer, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-64765-0.
- [14] N. F. Husnaini, "Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Web dengan Metode AHP-TOPSIS untuk Pengukuran Tingkat Kesejahteraan Masyarakat Pesisir di Kabupaten Pidie," *Comput. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 51–60, 2025, doi: 10.58477/cj.v3i1.204.
- [15] N. H. Ramadhany and G. Gusnarib, "Implementasi Fuzzy Inference System Metode Sugeno dalam Memprediksi Tingkat Kepuasan Pegawai di Lembaga Pendidikan Islam," *Pros. Kaji. Islam dan Integr. Ilmu di Era Soc. 5.0*, vol. 4, no. 1, pp. 676–683, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.uindatokarama.ac.id/index.php/kiiies50/article/view/4327>
- [16] C. Putri, H. Siregar, and M. Fakhriza, "Integration of AHP and TOPSIS in a Web-Based Decision Support System for Wedding Package Selection," *J. Inf. Syst. Technol. Res. J.*, vol. 4, no. 3, pp. 234–245, 2025, doi: 10.55537/jistr.v4i3.1332.
- [17] A. Mitra, "Application of Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MOORA) for Selection of Cotton Fabrics for Optimal Thermal Comfort," *Res. J. Text. Appar.*, vol. 26, no. 2, pp. 187–203, 2022, doi: 10.1108/rjta-02-2021-0021.
- [18] T. Y. Lin, K. C. Hung, J. Jablonsky, and K. P. Lin, "An Enhanced VIKOR and Its Revisit for the Manufacturing Process Application," *Comput. Mater. Contin.*, vol. 83, no. 2, pp. 1901–1927, 2025, doi: 10.32604/cmc.2025.063543.
- [19] R. N. Hidayat, B. Santoso, and L. P. Sumirat, "Decision Support System for Selecting Outstanding Students Using Simple Additive Weighting and Weighted Product Methods," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 379–390, 2024, doi: 10.1007/978-3-030-00045-5_25.
- [20] N. Aurelia, T. galuh Murti, A. R. Putri, and M. R. Qordryanto, "Sistem Pendukung Keputusan (Decision Support System) Disusun," *J. Dasi*, vol. 11, no. 3, pp. 77–90, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.amikom.ac.id/index.php/dasi/article/download/38/24>
- [21] A. Bagwari, A. Sinha, N. K. Singh, N. Garg, and J. Kanti, "CBIR-DSS: Business Decision Oriented Content-Based Recommendation Model for E-Commerce," *Information*, vol. 13, no. 10, p. 479, 2022, doi: 10.3390/info13100479.

- [22] A. Saeed, "Machine Learning Models for Intelligent Decision Support Systems," *J. AI Range*, vol. 1, no. 1, pp. 54–66, 2022, [Online]. Available: <https://www.researchcorridor.org/index.php/jair/article/view/268>
- [23] I. E. Herlambang, "Sistem Pengambilan Keputusan untuk Rekomendasi Pembelian Produk dengan Menggunakan Metode Fuzzy MCDM (Studi Kasus PT. Nerangi Sarana Karya)," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 51–61, Jun. 2022, doi: 0.51903/juisi.v1i1.260.
- [24] G. Govardhan *et al.*, "Decision Support System version 1.0 (DSS v1.0) for Air Quality Management in Delhi, India," *Geosci. Model Dev.*, vol. 17, no. 7, pp. 2617–2640, 2024, doi: 10.5194/gmd-17-2617-2024.
- [25] B. Kizielewicz, A. Shekhovtsov, and W. Safabun, "Pymcdm—The Universal Library for Solving Multi-Criteria Decision-Making Problems," *SoftwareX*, vol. 22, p. 101368, 2023, doi: 10.1016/j.softx.2023.101368.
- [26] S. K. Sahoo and S. S. Goswami, "A Comprehensive Review of Multiple Criteria Decision-Making (MCDM) Methods: Advancements, Applications, and Future Directions," *Decis. Mak. Adv.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–48, 2023, doi: 10.31181/dma1120237.
- [27] H. T. Adikoro and F. Wurjaningrum, "Analisis Pemilihan Supplier Kain Byemi Official Store Dengan Metode Fuzzy AHP dan Fuzzy Topsis," *J. Manaj. dan Perbank.*, vol. 9, no. 2, pp. 38–53, 2022, doi: 10.55963/jumpa.v9i2.458.
- [28] P. Trivedi, J. Shah, R. Cep, L. Abualigah, and K. Kalita, "A Hybrid Best-Worst Method (BWM) - Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Approach for Prioritizing Road Safety Improvements," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 30054–30065, 2024, doi: 10.1109/access.2024.3368395.
- [29] N. Rinawati, "Sistem Pendukung Keputusan Penerima Beras Miskin (Raskin) dengan Metode Weighted Product Berbasis Web pada Kelurahan Plelen: Sistem Pendukung Keputusan Penerima Beras Miskin (Raskin) dengan Metode Weighted Product Berbasis Web pada Kelurahan Plelen," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 24–33, Mar. 2024, doi: 10.51903/juisi.v3i1.835.
- [30] B. Rizky Prayudhi, K. Auliasari, and D. Rudhistiar, "Sistem Pendukung Keputusan Rekomendasi Penggunaan Media Pembelajaran Online Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 317–324, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4616.
- [31] V. S. Gunawan and Y. Yunus, "Sistem Penunjang Keputusan dalam Optimalisasi Pemberian Insentif terhadap Pemasok Menggunakan Metode TOPSIS," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 3, no. 3, pp. 101–108, 2021, doi: 10.37034/infv3i3.86.
- [32] F. E. B. Simamora and F. P. Sihotang, "Apriori Algorithm for Analyzing Motorcycle Spare Part Purchase Patterns and Stock Optimization," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 3, pp. 535–543, Sep. 2025, doi: 10.51903/cgvqa534.
- [33] N. Sunendar, "Perancangan Business Intelligence Dashboard Sales Performance," *Innov. Technol. J. Ilmu Komputer, Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 12–20, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.cyber-univ.ac.id/index.php/innotech/article/view/86>
- [34] Y. Setiadi, H. Margono, and I. Yuadi, "Building Public Trust: Interactive Data Visualization of Performance Achievements of the Regional Office XYZ," *J. Governansi*, vol. 11, no. 1, pp. 15–24, 2025, doi: 10.30997/jgs.v11i1.15091.
- [35] Rismaninda Putri Dwi Prasetya, R. N. Azizah, J. B. W. Halwa, R. H. Nugroho, and I. R. Kusumasari, "Implementasi Penggunaan Data Analytics untuk Mengoptimalkan Pengambilan Keputusan Bisnis di Era Digital," *J. Bisnis dan Komun. Digit.*, vol. 2, no. 2, p. 12, 2024, doi: 10.47134/jbkd.v2i2.3459.
- [36] A. Ocktari Ramadhan and R. Arya Yudha, "Penerapan Sistem Pendukung Keputusan Dalam Menentukan Pemasok Menggunakan Analytical Hierarchy Process," *J. Sains Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.transdi.or.id/index.php/jsm/article/view/5>

-
- [37] I. A. Riu, "Kajian Komperatif Metode Penentuan Lokasi Fasilitas Dalam Manajemen Rantai Pasok," *Maximal J. J. Ilm. Bid. Sos. Ekon. Budaya dan Pendidik.*, vol. 1, no. 5, pp. 293–298, 2024, [Online]. Available: <https://malaqbipublisher.com/index.php/maksi/article/view/212>
- [38] I. G. I. Sudipa *et al.*, *Multi Criteria Decision Making Teori & Penerapan Metode Pengambilan Keputusan dengan MCDM*. Pt. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023. [Online]. Available: <https://buku.sonpedia.com/2023/05/multi-criteria-decision-making.html?>
- [39] A. B. Prajati and A. Purwanto, "Pengaruh Green Supply Chain Management, Keunggulan Kompetitif, Kinerja Perusahaan Terhadap Nilai Perusahaan," *Diponegoro J. Account.*, vol. 13, no. 4, pp. 1–13, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/accounting/article/view/47843>