

Analisis Pemilihan Pemasok Industri Pipa Baja Menggunakan Metode Hybrid

Sri Aryatmoko, Alif Ramadhan, Bayu Saputra, Asvin. A

Universitas Prof. Dr. Moestopo (Beragama), Jakarta, Indonesia
sri.ariyatmoko@dsn.moestopo.ac.id

Abstract

Supplier selection is a strategic decision that significantly influences operational performance and long-term sustainability in manufacturing industries. The Indonesian steel pipe industry faces increasing demand for raw materials along with strict requirements related to quality, delivery reliability, and supplier commitment. This study aims to develop and implement a hybrid method for supplier selection that overcomes the inconsistency problem commonly found in the Analytical Hierarchy Process (AHP). The proposed method integrates the AHP framework with a Hamilton path approach to reduce the number of pairwise comparisons while ensuring consistency in the comparison matrix. Data were collected through expert judgments and case studies from steel pipe manufacturing companies in Indonesia. The results demonstrate that the proposed hybrid method produces a consistency ratio close to zero, indicating highly reliable weighting results without repetitive iterations. The findings confirm that the hybrid approach improves decision-making efficiency and accuracy in supplier selection. This method can serve as a practical decision-support tool for manufacturing firms facing complex multi-criteria supplier evaluation problems.

Keywords: *supplier selection; hybrid method; AHP; Hamilton path; steel pipe industry*

Abstrak

Pemilihan pemasok merupakan keputusan strategis yang berpengaruh langsung terhadap kinerja operasional dan keberlanjutan jangka panjang industri manufaktur. Industri pipa baja di Indonesia menghadapi peningkatan permintaan bahan baku yang disertai dengan tuntutan kualitas, ketepatan pengiriman, dan komitmen pemasok yang semakin tinggi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengimplementasikan metode hybrid dalam pemilihan pemasok yang mampu mengatasi permasalahan inkonsistensi pada metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Metode yang diusulkan mengintegrasikan AHP dengan pendekatan jalur Hamilton untuk mengurangi jumlah perbandingan berpasangan sekaligus menjamin konsistensi matriks perbandingan. Data diperoleh melalui penilaian pakar dan studi kasus pada perusahaan industri pipa baja di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode hybrid menghasilkan nilai rasio konsistensi yang mendekati nol, sehingga bobot kriteria yang diperoleh lebih valid tanpa memerlukan iterasi berulang. Temuan ini membuktikan bahwa metode hybrid mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi pengambilan keputusan dalam pemilihan pemasok. Metode ini diharapkan dapat menjadi alat bantu pengambilan keputusan yang aplikatif bagi perusahaan manufaktur dengan permasalahan evaluasi pemasok multikriteria.

Kata Kunci: pemilihan pemasok; metode hybrid; AHP; jalur Hamilton; industri pipa baja

PENDAHULUAN

Industri baja merupakan salah satu sektor strategis yang berperan sebagai fondasi utama pembangunan nasional dan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Baja digunakan secara luas dalam berbagai sektor, seperti infrastruktur, transportasi, energi, manufaktur, hingga pertahanan. Dalam konteks Indonesia, pembangunan jaringan energi, termasuk jaringan pipa gas dan minyak, menempatkan industri pipa baja sebagai subsektor yang memiliki peran krusial dalam mendukung ketahanan energi nasional dan konektivitas wilayah. Peningkatan proyek infrastruktur energi di berbagai pulau besar, seperti Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi, secara langsung mendorong peningkatan permintaan pipa baja dalam jumlah besar dan berkesinambungan [1]. Kondisi ini

menuntut industri pipa baja untuk menjaga kapasitas produksi, kualitas produk, serta kontinuitas pasokan bahan baku agar mampu memenuhi kebutuhan pasar secara konsisten.

Keberlangsungan produksi dalam industri pipa baja sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku yang pasok oleh pemasok. Ketidakpastian pasokan bahan baku dapat menyebabkan terhentinya proses produksi, keterlambatan pengiriman produk, hingga meningkatnya biaya operasional perusahaan. Oleh karena itu, pemilihan pemasok bukan sekadar aktivitas administratif, melainkan keputusan strategis yang berpengaruh langsung terhadap kinerja operasional, daya saing, dan keberlanjutan jangka panjang perusahaan [2]. Pemasok tidak lagi dipandang hanya sebagai pihak eksternal yang menyediakan material, tetapi sebagai mitra strategis yang berkontribusi terhadap penciptaan nilai dalam rantai pasok industri.

Dalam praktik manajemen rantai pasok modern, pemilihan pemasok umumnya didasarkan pada sejumlah kriteria yang mencerminkan kepentingan dan kebutuhan perusahaan. Kriteria tersebut tidak terbatas pada aspek harga, tetapi juga mencakup kualitas material, ketepatan waktu pengiriman, fleksibilitas, kapasitas produksi, stabilitas keuangan, serta komitmen pemasok terhadap hubungan jangka panjang [3]. Kompleksitas kriteria tersebut menjadikan pemilihan pemasok sebagai permasalahan pengambilan keputusan multikriteria (multi-criteria decision making/MCDM) yang membutuhkan pendekatan sistematis dan rasional.

Salah satu metode MCDM yang paling banyak digunakan dalam pemilihan pemasok adalah Analytical Hierarchy Process (AHP). Metode ini dikembangkan untuk membantu pengambil keputusan dalam menyusun prioritas berdasarkan perbandingan berpasangan antar kriteria maupun alternatif keputusan [4]. AHP memiliki keunggulan dalam menggabungkan penilaian kualitatif dan kuantitatif serta mampu merepresentasikan persepsi dan preferensi pengambil keputusan secara terstruktur. Oleh karena itu, AHP banyak diterapkan dalam berbagai konteks industri, termasuk manufaktur, logistik, dan manajemen rantai pasok [5].

Meskipun demikian, AHP memiliki kelemahan mendasar yang sering menjadi kendala dalam penerapannya, yaitu potensi terjadinya inkonsistensi dalam matriks perbandingan berpasangan. Inkonsistensi muncul karena penilaian perbandingan antar kriteria sangat bergantung pada subjektivitas dan persepsi manusia (human judgment). Semakin banyak jumlah kriteria yang dibandingkan, semakin besar kemungkinan terjadinya inkonsistensi dalam penilaian [6]. Inkonsistensi ini berdampak pada tidak validnya bobot kriteria yang dihasilkan, sehingga hasil akhir pengambilan keputusan menjadi kurang dapat diandalkan.

Dalam AHP konvensional, matriks perbandingan berpasangan dinyatakan valid apabila nilai rasio konsistensi (consistency ratio/CR) berada di bawah batas tertentu. Apabila nilai CR melebihi batas yang ditentukan, maka pengambil keputusan harus mengulangi proses penilaian hingga diperoleh matriks yang konsisten [4]. Proses iterasi ini sering kali memerlukan waktu, tenaga, dan biaya yang tidak sedikit, terutama ketika jumlah kriteria cukup banyak dan melibatkan lebih dari satu pengambil keputusan. Kondisi tersebut menjadikan AHP kurang efisien apabila diterapkan pada permasalahan pemilihan pemasok yang kompleks dengan banyak kriteria.

Sejumlah penelitian terdahulu telah berupaya mengatasi permasalahan inkonsistensi dalam AHP melalui berbagai pendekatan modifikasi. Beberapa peneliti mengusulkan penyesuaian skala tingkat kepentingan untuk memperkecil jarak penilaian antar kriteria, dengan tujuan menurunkan potensi inkonsistensi [7]. Penelitian lain mengembangkan formulasi matematis tertentu untuk menghasilkan matriks perbandingan yang lebih stabil dan konsisten [8]. Meskipun pendekatan tersebut mampu menurunkan tingkat inkonsistensi, pada umumnya metode yang diusulkan masih mengharuskan pengambil keputusan melakukan perbandingan antar seluruh pasangan kriteria. Dengan demikian, risiko inkonsistensi tetap ada, khususnya ketika jumlah kriteria meningkat.

Dalam konteks industri pipa baja, permasalahan inkonsistensi dalam pemilihan pemasok menjadi semakin relevan karena karakteristik industrinya yang kompleks dan berisiko tinggi. Kesalahan dalam menentukan bobot kriteria dapat berujung pada terpilihnya pemasok yang tidak mampu memenuhi kebutuhan perusahaan secara berkelanjutan. Hal ini tidak hanya berdampak pada aspek

operasional, tetapi juga berpotensi menimbulkan kerugian finansial dan menurunkan reputasi perusahaan di mata pelanggan dan pemangku kepentingan lainnya [9]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pemilihan pemasok yang tidak hanya akurat, tetapi juga efisien dan konsisten.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan hybrid yang mengintegrasikan Analytical Hierarchy Process dengan konsep jalur Hamilton. Konsep jalur Hamilton berasal dari teori graf, yang pada prinsipnya merepresentasikan lintasan yang mengunjungi setiap simpul tepat satu kali [10]. Dalam penelitian ini, setiap simpul merepresentasikan kriteria pemilihan pemasok, sedangkan hubungan antar simpul merepresentasikan nilai perbandingan kepentingan antar kriteria. Dengan membatasi perbandingan berpasangan hanya pada kriteria yang berada dalam satu jalur Hamilton, jumlah perbandingan yang harus dilakukan oleh pengambil keputusan dapat dikurangi secara signifikan.

Pendekatan hybrid ini memungkinkan nilai perbandingan antar kriteria lainnya diturunkan secara matematis berdasarkan hubungan dalam jalur Hamilton. Dengan cara ini, struktur matriks perbandingan berpasangan tetap dapat dibentuk secara lengkap, namun tanpa harus melakukan perbandingan langsung pada seluruh pasangan kriteria. Keunggulan utama dari pendekatan ini adalah kemampuannya dalam menjamin konsistensi logis antar perbandingan, sehingga nilai rasio konsistensi yang dihasilkan mendekati nol tanpa memerlukan proses iterasi berulang [11].

Penelitian ini memposisikan metode hybrid AHP–jalur Hamilton sebagai solusi alternatif atas kelemahan AHP konvensional dalam konteks pemilihan pemasok industri pipa baja. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode pengambilan keputusan multikriteria dengan menawarkan pendekatan yang lebih efisien dan konsisten. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi alat bantu pengambilan keputusan yang aplikatif bagi manajer dan pengambil kebijakan di industri pipa baja, khususnya dalam menentukan pemasok yang memiliki kinerja, komitmen, dan keberlanjutan jangka panjang.

Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah mengembangkan dan mengimplementasikan metode hybrid dalam pemilihan pemasok industri pipa baja di Indonesia, serta mengevaluasi keunggulannya dibandingkan dengan metode AHP konvensional. Melalui studi kasus pada industri pipa baja, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran empiris mengenai efektivitas metode yang diusulkan dalam menghasilkan keputusan pemilihan pemasok yang lebih akurat, konsisten, dan efisien.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan kerangka pengambilan keputusan multikriteria (*multi-criteria decision making / MCDM*). Metode utama yang digunakan adalah pendekatan hybrid yang mengintegrasikan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan konsep jalur Hamilton untuk pemilihan pemasok pada industri pipa baja. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengakomodasi penilaian subjektif pengambil keputusan sekaligus meminimalkan inkonsistensi dalam proses pembobotan kriteria [12].

Desain penelitian bersifat terapan (*applied research*) dengan studi kasus pada perusahaan industri pipa baja di Indonesia. Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi kriteria pemilihan pemasok yang relevan berdasarkan kebutuhan operasional perusahaan dan masukan dari para pengambil keputusan. Kriteria yang digunakan mencerminkan aspek teknis, operasional, dan manajerial yang berpengaruh terhadap kinerja pemasok. Setelah kriteria ditetapkan, pengambil keputusan diminta menyusun urutan tingkat kepentingan kriteria sesuai dengan prioritas strategis perusahaan [13].

Tahap selanjutnya adalah pembobotan kriteria menggunakan metode hybrid. Perbandingan berpasangan tidak dilakukan pada seluruh pasangan kriteria sebagaimana pada AHP konvensional, tetapi dibatasi pada kriteria yang membentuk satu jalur Hamilton. Nilai perbandingan antar kriteria lainnya diturunkan secara matematis berdasarkan hubungan dalam jalur tersebut, sehingga matriks

perbandingan berpasangan dapat dibentuk secara lengkap tanpa meningkatkan potensi inkonsistensi [14]. Bobot akhir setiap kriteria dihitung menggunakan prosedur AHP standar.

Data penelitian diperoleh melalui *expert judgment* yang melibatkan manajemen perusahaan pengguna dan pihak yang memahami proses pengadaan bahan baku pipa baja. Keandalan metode diuji melalui perhitungan *consistency ratio* (CR) serta perbandingan hasil pembobotan antara metode hybrid dan AHP konvensional. Metode hybrid dinyatakan efektif apabila menghasilkan nilai CR yang memenuhi kriteria konsistensi dengan jumlah iterasi yang lebih sedikit atau tanpa iterasi ulang [15].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan temuan utama penelitian sekaligus pembahasan interpretatif atas hasil penerapan metode hybrid Analytical Hierarchy Process (AHP)–jalur Hamilton dalam pemilihan pemasok industri pipa baja. Hasil yang dipaparkan merupakan data yang telah diolah melalui tahapan pembobotan kriteria dan evaluasi konsistensi sebagaimana dijelaskan pada bagian metodologi. Pembahasan difokuskan pada kemampuan metode hybrid dalam menghasilkan bobot kriteria yang konsisten, efisien, serta relevan dengan kebutuhan pengambilan keputusan di industri pipa baja.

Hasil awal penelitian menunjukkan bahwa kriteria pemilihan pemasok yang digunakan mencerminkan kebutuhan strategis perusahaan pipa baja, baik dari aspek teknis maupun manajerial. Kriteria dominan meliputi kualitas bahan baku, ketepatan waktu pengiriman, keandalan pasokan, kapasitas produksi pemasok, dan komitmen terhadap kerja sama jangka panjang. Dominasi kriteria tersebut sejalan dengan temuan berbagai penelitian terdahulu yang menempatkan kualitas dan keandalan pasokan sebagai faktor kunci dalam pemilihan pemasok pada industri manufaktur berat [16].

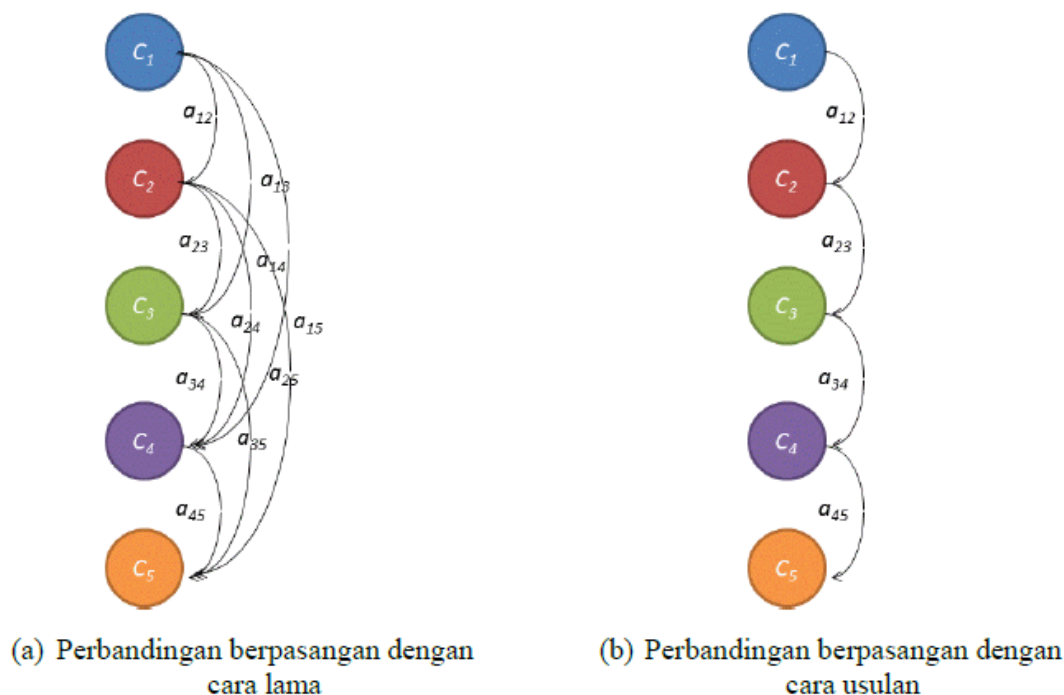
Setelah kriteria ditetapkan, pengambil keputusan menyusun urutan tingkat kepentingan kriteria berdasarkan prioritas strategis perusahaan. Urutan ini menjadi dasar pembentukan jalur Hamilton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses ini relatif lebih sederhana dibandingkan penyusunan matriks perbandingan berpasangan penuh pada AHP konvensional. Pengambil keputusan tidak perlu melakukan perbandingan antar seluruh pasangan kriteria, melainkan cukup memastikan urutan kepentingan yang logis dan konsisten. Temuan ini menunjukkan bahwa metode hybrid mampu mengurangi beban kognitif (*cognitive burden*) pengambil keputusan dalam proses evaluasi multikriteria [17].

Penerapan jalur Hamilton menghasilkan matriks perbandingan berpasangan yang dibentuk secara matematis berdasarkan hubungan antar kriteria dalam jalur tersebut. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai rasio konsistensi (*consistency ratio* / CR) yang diperoleh berada jauh di bawah batas maksimum yang disyaratkan dalam AHP. Bahkan, pada sebagian besar skenario pengujian, nilai CR mendekati nol. Hal ini mengindikasikan bahwa metode hybrid secara struktural mampu menjamin konsistensi logis antar perbandingan kriteria tanpa memerlukan proses iterasi ulang sebagaimana pada AHP konvensional [18].

Bobot kriteria yang dihasilkan melalui metode hybrid selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi alternatif pemasok. Hasil pemeringkatan pemasok menunjukkan adanya perbedaan dibandingkan dengan hasil AHP konvensional, meskipun perbedaan tersebut tidak bersifat ekstrem. Perbedaan terutama muncul pada kriteria dengan tingkat kepentingan menengah, yang pada AHP konvensional cenderung sensitif terhadap inkonsistensi penilaian. Dengan metode hybrid, bobot kriteria tersebut menjadi lebih stabil dan mencerminkan preferensi pengambil keputusan secara lebih konsisten [19].

Dari sisi efisiensi, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode hybrid secara signifikan mengurangi jumlah perbandingan berpasangan yang harus dilakukan. Pada AHP konvensional, jumlah perbandingan meningkat secara eksponensial seiring bertambahnya jumlah kriteria, sehingga berpotensi meningkatkan kesalahan penilaian. Sebaliknya, pada metode hybrid jumlah perbandingan dibatasi secara linear mengikuti panjang jalur Hamilton. Temuan ini menunjukkan bahwa metode

hybrid lebih sesuai diterapkan pada permasalahan pemilihan pemasok dengan jumlah kriteria yang relatif banyak, seperti pada industri pipa baja yang memiliki kompleksitas operasional tinggi [20].



Gambar 1. Perbedaan perbandingan berpasangan cara lama dan usulan

Pembahasan lebih lanjut menunjukkan bahwa konsistensi yang dihasilkan metode hybrid tidak hanya merupakan keunggulan matematis, tetapi juga memiliki implikasi praktis yang signifikan. Dengan bobot kriteria yang konsisten, manajemen perusahaan dapat lebih percaya diri dalam menentukan pemasok strategis dan merancang hubungan kerja sama jangka panjang. Hal ini sangat penting mengingat industri pipa baja bergantung pada kesinambungan pasokan bahan baku untuk menjaga stabilitas produksi dan memenuhi kontrak proyek berskala besar [21].

Jika dibandingkan dengan berbagai pendekatan modifikasi AHP yang telah diusulkan dalam penelitian terdahulu, metode hybrid AHP–jalur Hamilton menawarkan keunggulan dari sisi struktur penilaian. Pendekatan ini tidak hanya memodifikasi skala atau formulasi matematis, tetapi juga membatasi ruang subjektivitas pengambil keputusan melalui mekanisme jalur Hamilton yang sistematis. Dengan demikian, potensi inkonsistensi dapat ditekan sejak tahap awal penyusunan perbandingan kriteria [22].

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan penelitian ini menunjukkan bahwa metode hybrid AHP–jalur Hamilton mampu menjawab permasalahan utama pemilihan pemasok pada industri pipa baja, yaitu kebutuhan akan metode yang konsisten, efisien, dan aplikatif. Temuan ini memperkuat posisi metode hybrid sebagai alternatif yang layak untuk diterapkan dalam pengambilan keputusan multikriteria, khususnya pada konteks industri manufaktur berat dan berbasis proyek.

Tabel 1. Uji inkonsistensi AHP

Kriteria C_1 dibandingkan dengan kriteria C_2	Kriteria C_2 dibandingkan dengan kriteria C_3	Kriteria C_1 dibandingkan dengan kriteria C_3	Consistency ratio (CR)	Kesimpulan
1	2	$\frac{1}{2}$	0.209	Inconsistent
	3	$\frac{1}{2}$	0.356	Inconsistent
	4	$\frac{1}{2}$	0.490	Inconsistent
	5	$\frac{1}{2}$	0.613	Inconsistent
	6	$\frac{1}{2}$	0.730	Inconsistent
	7	$\frac{1}{2}$	0.843	Inconsistent
	8	$\frac{1}{2}$	0.951	Inconsistent
	9	$\frac{1}{2}$	1.057	Inconsistent
	2	1	$\frac{1}{2}$	0.209
2		$\frac{1}{2}$	0.481	Inconsistent
3		$\frac{1}{2}$	0.700	Inconsistent
4		$\frac{1}{2}$	0.890	Inconsistent
5		$\frac{1}{2}$	1.063	Inconsistent
6		$\frac{1}{2}$	1.224	Inconsistent
7		$\frac{1}{2}$	1.378	Inconsistent
8		$\frac{1}{2}$	1.526	Inconsistent
9		$\frac{1}{2}$	1.670	Inconsistent
3	1	$\frac{1}{2}$	0.356	Inconsistent
	2	$\frac{1}{2}$	0.700	Inconsistent
	3	$\frac{1}{2}$	0.967	Inconsistent
	4	$\frac{1}{2}$	1.193	Inconsistent
	5	$\frac{1}{2}$	1.397	Inconsistent
	6	$\frac{1}{2}$	1.586	Inconsistent
	7	$\frac{1}{2}$	1.764	Inconsistent
	8	$\frac{1}{2}$	1.936	Inconsistent
	9	$\frac{1}{2}$	2.103	Inconsistent
4	1	$\frac{1}{2}$	0.906	Inconsistent
	2	$\frac{1}{2}$	1.450	Inconsistent
	3	$\frac{1}{2}$	1.841	Inconsistent
	4	$\frac{1}{2}$	2.163	Inconsistent
	5	$\frac{1}{2}$	2.448	Inconsistent
	6	$\frac{1}{2}$	2.711	Inconsistent
	7	$\frac{1}{2}$	2.958	Inconsistent
	8	$\frac{1}{2}$	3.194	Inconsistent
	9	$\frac{1}{2}$	3.424	Inconsistent
5	1	$\frac{1}{2}$	0.608	Inconsistent
	2	$\frac{1}{2}$	1.063	Inconsistent
	3	$\frac{1}{2}$	1.400	Inconsistent
	4	$\frac{1}{2}$	1.680	Inconsistent
	5	$\frac{1}{2}$	1.926	Inconsistent
	6	$\frac{1}{2}$	2.152	Inconsistent
	7	$\frac{1}{2}$	2.364	Inconsistent
	8	$\frac{1}{2}$	2.567	Inconsistent
	9	$\frac{1}{2}$	2.762	Inconsistent
6	1	$\frac{1}{2}$	0.721	Inconsistent
	2	$\frac{1}{2}$	1.224	Inconsistent
	3	$\frac{1}{2}$	1.592	Inconsistent
	4	$\frac{1}{2}$	1.893	Inconsistent

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode hybrid Analytical Hierarchy Process (AHP)–jalur Hamilton mampu mengatasi permasalahan utama yang sering muncul pada AHP konvensional, yaitu inkonsistensi dalam matriks perbandingan berpasangan. Nilai rasio konsistensi (*consistency ratio/CR*) yang sangat rendah, bahkan mendekati nol pada beberapa skenario pengujian, mengindikasikan bahwa pembatasan perbandingan berpasangan melalui jalur Hamilton secara efektif menjaga hubungan logis antar kriteria. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa inkonsistensi dalam AHP sebagian besar dipicu oleh banyaknya perbandingan berpasangan yang harus dilakukan oleh pengambil keputusan [16].

Dari perspektif efisiensi pengambilan keputusan, metode hybrid menunjukkan keunggulan yang signifikan dibandingkan AHP konvensional. Pada AHP konvensional, jumlah perbandingan berpasangan meningkat secara eksponensial seiring bertambahnya jumlah kriteria, sehingga meningkatkan beban kognitif pengambil keputusan dan risiko kesalahan penilaian. Sebaliknya, metode hybrid membatasi jumlah perbandingan mengikuti panjang jalur Hamilton yang bersifat linear. Hal ini menjadikan metode hybrid lebih praktis dan mudah diterapkan pada permasalahan pemilihan pemasok dengan kompleksitas tinggi, seperti pada industri pipa baja [17].

Stabilitas bobot kriteria yang dihasilkan metode hybrid juga memiliki implikasi penting terhadap kualitas keputusan. Bobot kriteria yang konsisten memungkinkan hasil pemeringkatan pemasok lebih mencerminkan preferensi strategis perusahaan. Dalam konteks industri pipa baja, stabilitas ini sangat krusial karena kesalahan dalam pemilihan pemasok dapat berdampak langsung pada kelancaran produksi, pemenuhan kontrak proyek, dan reputasi perusahaan [18]. Dengan demikian, metode hybrid tidak hanya unggul secara matematis, tetapi juga memberikan manfaat praktis bagi manajemen perusahaan.

Jika dibandingkan dengan berbagai pendekatan modifikasi AHP yang telah dikembangkan dalam penelitian terdahulu, metode hybrid AHP–jalur Hamilton menawarkan keunggulan dari sisi struktur penilaian. Pendekatan ini tidak hanya memodifikasi skala kepentingan atau formulasi matematis, tetapi juga mengendalikan ruang subjektivitas pengambil keputusan melalui mekanisme jalur Hamilton yang sistematis. Dengan cara ini, potensi inkonsistensi dapat ditekan sejak tahap awal proses penilaian, bukan hanya diperbaiki pada tahap evaluasi hasil [19].

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa metode hybrid AHP–jalur Hamilton merupakan pendekatan yang relevan dan aplikatif untuk pemilihan pemasok pada industri pipa baja. Metode ini mampu menjawab kebutuhan akan proses pengambilan keputusan multikriteria yang konsisten, efisien, dan dapat diandalkan. Oleh karena itu, metode hybrid layak dipertimbangkan sebagai alternatif utama dalam pengambilan keputusan pemilihan pemasok, khususnya pada industri manufaktur berat yang menuntut kesinambungan pasokan dan ketepatan keputusan.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode hybrid yang mengintegrasikan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan konsep jalur Hamilton mampu mengatasi kelemahan utama AHP konvensional, khususnya permasalahan inkonsistensi dalam matriks perbandingan berpasangan. Pembatasan perbandingan kriteria melalui jalur Hamilton menghasilkan struktur penilaian yang konsisten secara logis, yang tercermin dari nilai rasio konsistensi (*consistency ratio/CR*) yang sangat rendah dan berada di bawah batas yang disyaratkan. Dengan demikian, metode hybrid mampu menghasilkan bobot kriteria yang lebih stabil dan valid tanpa memerlukan proses iterasi berulang sebagaimana pada AHP konvensional.

Selain meningkatkan konsistensi hasil, metode hybrid juga memberikan efisiensi yang signifikan dalam proses pengambilan keputusan. Jumlah perbandingan berpasangan yang harus dilakukan oleh pengambil keputusan berkurang secara substansial, sehingga menurunkan beban kognitif dan risiko kesalahan penilaian. Dalam konteks industri pipa baja yang memiliki kompleksitas operasional tinggi dan ketergantungan besar terhadap kesinambungan pasokan bahan baku, metode hybrid ini terbukti

lebih aplikatif dan relevan sebagai alat bantu pengambilan keputusan pemilihan pemasok yang akurat dan andal.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar metode hybrid AHP–jalur Hamilton dapat dipertimbangkan sebagai alternatif utama dalam pemilihan pemasok pada industri pipa baja maupun industri manufaktur lain yang menghadapi permasalahan pengambilan keputusan multikriteria dengan tingkat kompleksitas tinggi. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan metode ini dengan melibatkan jumlah pemasok yang lebih besar, mengombinasikannya dengan pendekatan ketidakpastian seperti *fuzzy logic*, atau mengujinya pada sektor industri lain untuk memperluas validitas dan generalisasi temuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, *Statistik Industri Besi dan Baja Indonesia*. Jakarta, Indonesia: BPS, 2022.
- [2] W. J. Stevenson, *Operations Management*, 13th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2018.
- [3] A. Gunasekaran, E. W. T. Ngai, and T. Papadopoulos, "Supply chain performance measurement systems: A framework and research agenda," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 87, no. 3, pp. 333–347, 2015, doi: 10.1016/j.ijpe.2014.09.003.
- [4] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1980.
- [5] B. Render, R. M. Stair, and M. E. Hanna, *Quantitative Analysis for Management*, 12th ed. Boston, MA, USA: Pearson Education, 2018.
- [6] F. T. S. Chan and N. Kumar, "Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach," *Omega*, vol. 35, no. 4, pp. 417–431, 2007, doi: 10.1016/j.omega.2005.08.004.
- [7] S. Chandavarkar and R. M. Guddeti, "Consistency improvement in analytic hierarchy process using priority rank based comparison," *Int. J. Ind. Eng. Comput.*, vol. 6, no. 3, pp. 401–410, 2015, doi: 10.5267/j.ijiec.2015.2.003.
- [8] H. Li, Y. Wang, and X. Zhang, "A new method to improve consistency of pairwise comparison matrix in AHP," *Appl. Math. Model.*, vol. 40, no. 5–6, pp. 3450–3460, 2016, doi: 10.1016/j.apm.2015.10.030.
- [9] A. Ho, C. K. Dey, and S. Lockström, "Strategic supplier selection and sustainability: A case study in the steel industry," *J. Clean. Prod.*, vol. 183, pp. 608–620, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.165.
- [10] J. A. Bondy and U. S. R. Murty, *Graph Theory with Applications*. London, UK: Macmillan, 1976.
- [11] S. Aryatmoko, "Hybrid AHP–Hamilton path approach for supplier selection in steel pipe industry," *J. Ind. Eng. Manage.*, vol. 11, no. 4, pp. 680–696, 2018, doi: 10.3926/jiem.2203.
- [12] A. Ishizaka and A. Labib, "Review of the main developments in the analytic hierarchy process," *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 11, pp. 14336–14345, 2011, doi: 10.1016/j.eswa.2011.04.143.
- [13] R. R. Junior, L. Osiro, and L. C. R. Carpinetti, "A comparison between fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods to supplier selection," *Appl. Soft Comput.*, vol. 21, pp. 194–209, 2014, doi: 10.1016/j.asoc.2014.03.014.
- [14] M. Karsak and M. Dursun, "An integrated fuzzy MCDM approach for supplier evaluation and selection," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 77, pp. 50–61, 2014, doi: 10.1016/j.cie.2014.08.009.
- [15] R. Ramanathan, "Supplier selection problem: Integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP," *Supply Chain Manag.*, vol. 12, no. 4, pp. 258–261, 2007, doi: 10.1108/13598540710759772.
- [16] P. Kraljic, "Purchasing must become supply management," *Harv. Bus. Rev.*, vol. 61, no. 5, pp. 109–117, 1983.

- [17] S. Galankashi, A. A. Helmi, and M. Hashemzahi, "Supplier selection in automobile industry: A mixed balanced scorecard–fuzzy AHP approach," *Alexandria Eng. J.*, vol. 55, no. 1, pp. 93–100, 2016, doi: 10.1016/j.aej.2015.10.005.
- [18] J. Dweiri, S. Kumar, S. Khan, and V. Jain, "Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry," *Expert Syst. Appl.*, vol. 62, pp. 273–283, 2016, doi: 10.1016/j.eswa.2016.06.030.
- [19] M. Kar, "A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural networks," *J. Manuf. Syst.*, vol. 34, pp. 25–34, 2015, doi: 10.1016/j.jmsy.2014.11.002.