

MENENTUKAN BOBOT RUBRIK PENILAIAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK PERUSAHAAN MINYAK DAN GAS BUMI PROYEK STRATEGIS

Disusun oleh:

Isya Nafia¹

¹Teknik Industri, Universitas Kebangsaan Republik Indonesia
Email korespondensi: isyanafia@fti.ukri.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membangun kerangka evaluasi komprehensif untuk menilai kelayakan proyek logistik di industri minyak dan gas. Fokus utama penelitian ini adalah mengembangkan dan memberikan bobot pada kriteria-kriteria utama pengambilan keputusan dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Lima kriteria utama yang digunakan meliputi: Keselamatan & Integritas Aset, Efisiensi Net Present Value (NPV), Pasokan Operasional, Distribusi Operasional, dan Fleksibilitas Terminal & Pengembangan Bisnis Baru. Data diperoleh melalui kuesioner yang diisi oleh para pakar, dan dianalisis menggunakan metode rata-rata geometrik. Matriks perbandingan berpasangan diuji konsistensinya melalui nilai maksimum eigen (λ_{max}), Consistency Index (CI), dan Consistency Ratio (CR); hanya matriks dengan CR di bawah 0,1 yang diterima. Hasil analisis menunjukkan bahwa "Keselamatan & Integritas Aset" merupakan kriteria yang paling penting dengan bobot 38%, diikuti oleh "Efisiensi NPV" sebesar 22%. Sub-kriteria seperti "Keselamatan" (35%) dan "Opsi Pasokan" (42%) juga mendapatkan bobot yang tinggi. Bobot akhir divalidasi melalui tinjauan para pakar untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi logistik yang sebenarnya. Model evaluasi ini mendukung pengambilan keputusan yang seimbang dan multi-perspektif. Dengan demikian, studi ini menghasilkan rubrik evaluasi proyek logistik strategis yang kuat, memungkinkan penilaian kelayakan secara obyektif melampaui aspek finansial semata, dengan mempertimbangkan faktor operasional, keselamatan, dan potensi pengembangan.

Kata kunci: AHP, Optimasi Industri, MCDM

Abstrak

This study establishes a comprehensive framework to evaluate the feasibility of logistics projects in the oil and gas industry. It focuses on developing and weighting key decisionmaking criteria using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The five main criteria considered are: Safety & Asset Integrity, Net Present Value (NPV) Efficiency, Operational Supply, Operational Distribution, and Terminal & New Business Flexibility. Data were obtained through expert questionnaires, and responses were processed using the geometric mean method. The resulting pairwise comparison matrices were tested for consistency using the maximum eigenvalue (λ_{max}), Consistency Index (CI), and Consistency Ratio (CR); only matrices with CR values below 0.1 were accepted. The analysis showed that "Safety & Asset Integrity" was the most significant criterion with a weight of 38%, followed by "NPV Efficiency" at 22%. Sub-criteria such as "Safety" (35%) and "Supply Options" (42%) were also highly prioritized. The final weights were validated through expert review to ensure alignment with actual logistics needs. This structured evaluation model supports balanced, multi-perspective decision-making. Ultimately, the study provides a robust rubric for evaluating strategic logistics projects, allowing decisionmakers to assess feasibility more objectively, beyond financial performance alone, and incorporating operational, safety, and future development factors.

Kata kunci: AHP, Optimasi Industri, MCDM

Keywords: AHP, Industrial Optimization, MCDM

PENDAHULUAN

Perusahaan XYZ, salah satu perusahaan terkemuka di Indonesia di sektor minyak dan gas, merencanakan proyek strategis untuk memindahkan sebagian permintaan dari Terminal Bahan Bakar (FT) ITJ ke Terminal Bahan Bakar (FT) JIGT. Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi perusahaan dalam menanggapi permintaan pasar yang terus meningkat. Namun, meskipun analisis pendapatan menunjukkan bahwa langkah tersebut mungkin tidak langsung menguntungkan, Perusahaan XYZ mengakui pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor lain dalam pengambilan keputusan.

Analisis pendapatan murni tidak cukup untuk menentukan kelayakan proyek transfer permintaan. Oleh karena itu, diperlukan rubrik evaluasi yang komprehensif untuk menilai proyek ini dari berbagai perspektif. Dengan menggunakan rubrik evaluasi yang mencakup beberapa aspek utama, diharapkan keputusan mengenai kelayakan proyek dapat diambil secara lebih holistik dan obyektif.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan rubrik evaluasi yang adil dan komprehensif untuk menilai kelayakan proyek pemindahan permintaan dari FT ITJ ke JIGT.
2. Hitung bobot untuk setiap aspek evaluasi dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).
3. Mengevaluasi proyek berdasarkan lima aspek utama untuk menentukan apakah proyek tersebut layak untuk dilanjutkan, tidak hanya dari sisi finansial tetapi juga dari sisi operasional dan strategis.
4. Memberikan rekomendasi berdasarkan hasil evaluasi untuk mendukung keputusan manajemen mengenai kelanjutan proyek.

Dalam proyek ini, permintaan yang akan dipindahkan dari FT ITJ ke JIGT akan dievaluasi berdasarkan tiga skenario yang berbeda. Setiap skenario mempertimbangkan berbagai faktor operasional dan strategis untuk memberikan gambaran lengkap mengenai dampak pemindahan tersebut.

Aspek-aspek untuk Evaluasi

Rubrik evaluasi mencakup lima aspek utama yang dianggap penting untuk menilai kelayakan proyek ini. Aspek-aspek tersebut adalah:

1. Keselamatan dan Integritas Aset:
 - a. Keselamatan: Menilai tingkat keselamatan operasional yang akan diterapkan di terminal baru.
 - b. Integritas Aset: Mengevaluasi integritas aset yang ada dan potensi dampak pengalihan terhadap kondisi aset.
 - c. Keandalan: Memeriksa keandalan operasional terminal dalam mendukung kebutuhan distribusi.
 - d. ESG (Lingkungan, Sosial, Tata Kelola): Mempertimbangkan dampak lingkungan, sosial, dan tata kelola perusahaan.
2. Efisiensi NPV: Mengevaluasi efisiensi Net Present Value (NPV) proyek untuk memastikan bahwa investasi memberikan nilai tambah yang optimal.
3. Pasokan Operasional:

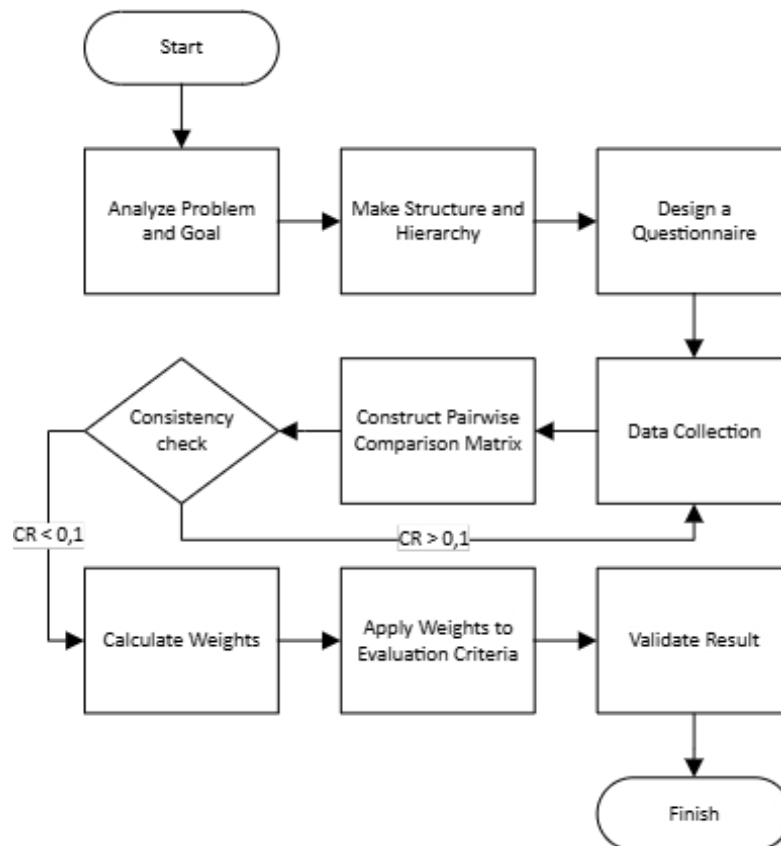
- a. Opsi Pasokan (kapal, jaringan pipa, dan truk): Mengkaji berbagai opsi pasokan bahan bakar, termasuk kapal, jaringan pipa, dan truk.
 - b. Kapasitas Pelabuhan: Mengevaluasi kapasitas pelabuhan untuk menangani volume yang ditransfer.
 - c. Kapasitas Penyimpanan: Menilai kapasitas penyimpanan yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan permintaan.
4. Distribusi Operasional:
- a. Jarak Tertimbang ke Konsumen: Mengukur jarak tertimbang dari terminal ke konsumen akhir untuk menilai efisiensi distribusi.
 - b. Opsi Distribusi (kemampuan tujuan tunggal multi-produk): Mengevaluasi kemampuan terminal untuk menangani berbagai produk dengan satu tujuan.
5. Fleksibilitas Terminal & Bisnis Baru:
- a. Fleksibilitas Penggunaan Fasilitas yang Ada untuk Bahan Bakar Saat Ini (backloading, mendukung pertumbuhan, dan SHS): Menilai fleksibilitas terminal dalam memanfaatkan fasilitas yang ada untuk bahan bakar saat ini.
 - b. Bisnis Baru (potensi bisnis baru seperti bunkering, SAF, petrokimia, bahan bakar nabati): Mengevaluasi potensi pengembangan bisnis baru yang mungkin timbul dari proyek ini, termasuk bunkering, Bahan Bakar Penerbangan Berkelanjutan (Sustainable Aviation Fuel/SAF), petrokimia, dan bahan bakar nabati.

METODE

Metodologi penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menerapkan rubrik evaluasi yang komprehensif dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk menilai kelayakan proyek pemindahan permintaan dari Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) ITJ ke Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) JIGT. Metodologi ini melibatkan beberapa langkah utama mulai dari pengumpulan data hingga analisis dan perhitungan bobot. AHP adalah metode yang dikembangkan oleh Saaty untuk mengatasi masalah pengambilan keputusan yang kompleks dengan cara menguraikannya menjadi elemen-elemen yang lebih sederhana dan memberikan bobot relatif pada setiap elemen berdasarkan preferensi para ahli (Saaty, 1980).

AHP adalah metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang digunakan untuk memecahkan masalah keputusan yang kompleks dengan menguraikannya ke dalam hirarki kriteria dan sub-kriteria. Metode ini memungkinkan penilaian subjektif dan perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot relatif berbagai kriteria. AHP sangat berguna untuk evaluasi yang melibatkan berbagai aspek dan tujuan yang sering kali sulit diukur secara langsung.

Diagram Alir dan Langkah-langkah Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Analisis Masalah dan Tujuan: Mengidentifikasi tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengevaluasi kelayakan proyek berdasarkan berbagai aspek.
2. Menyusun Hirarki: Susunlah hierarki kriteria dan subkriteria yang relevan sesuai dengan aspek yang telah ditentukan.
3. Melakukan Perbandingan Berpasangan: Melakukan perbandingan berpasangan antara kriteria dan subkriteria untuk menentukan bobot relatifnya.
4. Hitung Bobot dan Konsistensi: Hitung bobot relatif menggunakan matriks perbandingan dan periksa konsistensi untuk memastikan keabsahan hasil.

Pengumpulan Data

Pengambilan sampel kuesioner menggunakan proporsional random sampling, yang mempertimbangkan proporsi dari masing-masing pemangku kepentingan. Karena menggunakan proporsional random sampling, maka jumlah responden dalam metode AHP tidak memiliki rumus yang pasti, namun terdapat batasan minimal dua responden (Saaty, 1993). Menurut Melillo & Pecchia (2016), jumlah sampel yang sesuai untuk analisis AHP berkisar antara 19 hingga 400 responden. Untuk mendapatkan data yang diperlukan untuk

perhitungan AHP, 19 anggota manajemen puncak di PT XYZ dipilih sebagai responden. Mereka memiliki pengetahuan dan pengalaman yang mendalam mengenai proyek dan aspek-aspek yang dievaluasi, sehingga memungkinkan mereka memberikan penilaian yang akurat dan relevan.

Kuesioner ini dirancang untuk mengumpulkan data tentang perbandingan berpasangan untuk setiap kriteria dan sub-kriteria. Kuesioner ini mencakup pertanyaan-pertanyaan yang mengharuskan responden untuk membandingkan tingkat kepentingan satu kriteria dengan kriteria lainnya dan satu sub-kriteria dengan sub-kriteria lainnya. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang didistribusikan kepada anggota manajemen puncak, baik secara langsung maupun melalui platform online untuk memfasilitasi partisipasi. Setelah mengumpulkan kuesioner, data dianalisis untuk menghitung bobot dan memeriksa konsistensi.

Analisis AHP

Matriks perbandingan berpasangan dibuat berdasarkan data yang dikumpulkan dari kuesioner dan dihitung dengan menggunakan metode Geometric Mean. Dalam konteks AHP, Geometric Mean (GM) digunakan untuk mengkonsolidasikan hasil dari perbandingan berpasangan yang dilakukan oleh berbagai ahli, yang secara efektif mengintegrasikan pendapat yang berbeda (Saaty & Vargas, 2001). Setiap elemen dalam matriks merepresentasikan perbandingan relatif antara dua kriteria atau subkriteria. Skala penilaian yang digunakan untuk perbandingan berpasangan mengikuti skala dari 1 hingga 9, di mana nilai-nilai ini menunjukkan tingkat preferensi relatif. Normalisasi matriks sangat penting untuk memastikan bahwa bobot kriteria yang dihasilkan proporsional dan dapat dibandingkan secara langsung (Saaty, 1994). Bobot untuk setiap kriteria dan subkriteria dihitung dengan menggunakan metode nilai eigen dari matriks perbandingan. Proses ini melibatkan penghitungan nilai eigen dan vektor eigen untuk menentukan bobot relatif setiap elemen dalam hirarki. Konsistensi perbandingan berpasangan diperiksa dengan menghitung Indeks Konsistensi (CI) dan Rasio Konsistensi (CR). Hal ini memastikan bahwa penilaian yang diberikan oleh responden konsisten dan dapat diterima. Rasio Konsistensi yang lebih besar dari 0,1 mengindikasikan ketidakkonsistenan yang perlu diperbaiki.

Evaluasi Bobot terhadap Kriteria Evaluasi

Untuk memastikan bahwa matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten, maka perlu dilakukan pemeriksaan konsistensi dengan menghitung Indeks Konsistensi (CI) dan Rasio Konsistensi (CR) (Forman & Gass, 2001). Bobot yang telah dihitung diterapkan pada setiap aspek dan sub-aspek evaluasi untuk menilai kelayakan proyek. Setiap aspek dievaluasi berdasarkan bobot yang diberikan, dan hasil evaluasi digunakan untuk menentukan kelayakan proyek secara keseluruhan. Hasil penelitian kemudian akan divalidasi dengan umpan balik dari responden dan para ahli untuk memastikan keakuratan dan relevansinya. Keandalan data juga akan diperiksa dengan melakukan analisis konsistensi dan validasi internal. Hasil yang konsisten dan dapat diulang menunjukkan bahwa data yang dikumpulkan dan metode yang digunakan dapat diandalkan.

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

Ex.:

λ_{max} = Nilai Eigen Maksimum

n = Jumlah kriteria

3. **Rasio Konsistensi (CR)** dihitung dengan menggunakan:

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

RI = Indeks Acak tergantung pada jumlah kriteria

Perhatikan bahwa jika Rasio Konsistensi (CR) kurang dari 0,1, maka matriks perbandingan berpasangan dapat dianggap konsisten. Sebaliknya, jika CR lebih besar dari 0,1, matriks perbandingan perlu direvisi untuk meningkatkan konsistensi.

Tabel 2. Matriks Bobot AHP

	Keamanan	NPV	Op Sup	Op Dis	Fleksibilitas
Keamanan	1	2,79	2,4	2,56	2,37
NPV	0,36	1	1,96	2,2	1,64
Op Sup	0,42	0,51	1	1,49	1,27
Op Dis	0,39	0,45	0,67	1	1,4
Fleksibilitas	0,42	0,61	0,78	0,71	1

Tabel 3. Matriks Bobot AHP yang dinormalisasi

	Keamanan	NPV	Op Sup	Op Dis	Fleksibilitas
Keamanan	0,386	0,521	0,352	0,322	0,309
NPV	0,139	0,187	0,288	0,276	0,214
Op Sup	0,163	0,095	0,147	0,187	0,165
Op Dis	0,151	0,084	0,098	0,126	0,182
Fleksibilitas	0,162	0,114	0,115	0,089	0,130

Setelah menormalkan matriks bobot, hasilnya adalah sebagai berikut:

- Nilai Eigen Maksimum (λ_{max}) = 5.123
- Indeks Konsistensi (CI) = 0.031
- Rasio Konsistensi (CR) = 0.027

Karena Rasio Konsistensi (CR) di bawah 0,1 (atau 10%), matriks perbandingan berpasangan dapat dianggap konsisten. Dengan demikian, perbandingan yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan dapat diterima tanpa perlu direvisi lebih lanjut. Langkah selanjutnya adalah menghitung vektor prioritas, yang bertujuan untuk menentukan bobot atau tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria yang digunakan dalam analisis. Vektor prioritas dihitung dengan menjumlahkan nilai pada setiap baris matriks yang telah dinormalisasi dan kemudian membaginya dengan jumlah total baris untuk mendapatkan nilai rata-rata untuk setiap kriteria. Bobot prioritas ini merepresentasikan tingkat kepentingan setiap kriteria dalam konteks pengambilan keputusan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Vektor Prioritas AHP

Keamanan	NPV	Op Sup	Op Dis	Fleksibilitas
0,377849	0,22066	0,151341	0,128168	0,121982

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan vektor prioritas, nilai-nilai tersebut digunakan dalam mengevaluasi metrik yang ada, dimana setiap metrik akan dinilai berdasarkan bobot kriteria yang telah ditetapkan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Bobot Kriteria untuk Rubrik Evaluasi

Aspek	Sub-Aspek	Vektor	λ_{max}	CI	CR	CR %	BOBOT
Keselamatan & Integritas		0,3778	5,1226	0,0307	0,0274	2,74%	38%
Aset Efisiensi NPV		0,2207					22%
Aspek	Sub-Aspek	Vektor	λ_{max}	CI	CR	CR %	BOBOT
Pasokan Operasional		0,1513					15%
Distribusi Operasional		0,1282					13%
Fleksibilitas Terminal & Bisnis Baru		0,1220					12%
Sub-Aspek Keselamatan & Integritas Aset	Keamanan	0,3508	4,0960	0,0320	0,0355	3,55%	35%
	Integritas Aset	0,3409					34%
	Keandalan	0,0197					20%
	ESG (LINGKUNGAN, SOSIAL, DAN BUDAYA)	0,1113					11%
Sub-Aspek Pasokan Operasional	Opsi Pasokan	0,4162	3,0062	0,0031	0,0054	0,54%	42%
	Kapasitas Pelabuhan	0,4381					31%
	Kapasitas Penyimpanan	0,3939					28%
Sub-Aspek Operasional Distribusi	Jarak	0,5100	1,9991	-	-∞	-∞	51%
	Opsi Distribusi	0,4900					49%
Sub-Aspek Terminal & Fleksibilitas Bisnis Baru	Fleksibilitas Terminal	0,4194	1,9968	-	-∞	-∞	42%
	Bisnis Baru Potensi	0,5806					58%

Bobot kriteria yang diperoleh dari vektor prioritas menyoroti kepentingan relatif setiap aspek dalam mengevaluasi kelayakan proyek. Bobot kriteria yang diperoleh melalui AHP mencerminkan kepentingan relatif setiap aspek dalam evaluasi proyek, sehingga memungkinkan penilaian yang lebih komprehensif dan berbasis data (Triantaphyllou & Khamooshi, 1996). Aspek "Keselamatan & Integritas Aset" memiliki bobot tertinggi yaitu 38%, yang mengindikasikan pentingnya aspek ini dalam evaluasi secara keseluruhan. Sub-aspek "Pasokan Operasional" dan "Distribusi Operasional" juga memainkan peran yang signifikan, dengan bobot masing-masing 15% dan 13%, menggarisbawahi relevansinya dalam penilaian proyek. Aspek "Fleksibilitas Terminal & Bisnis Baru", meskipun penting, memiliki bobot yang relatif lebih rendah yaitu 12%, yang mencerminkan dampaknya yang lebih rendah dibandingkan dengan kriteria lainnya. Dalam sub-aspek "Keselamatan & Integritas Aset", "Keselamatan" dan "Integritas Aset" memiliki bobot yang cukup besar, masing-masing sebesar 35% dan 34%, yang menekankan pentingnya faktor-faktor ini dalam memastikan keberhasilan proyek. Sebaliknya, "Keandalan" dan "ESG" memiliki bobot yang lebih rendah namun tetap berkontribusi terhadap evaluasi secara keseluruhan, dengan bobot 20% dan 11%. Untuk "Pasokan Operasional," sub-aspek "Opsi Pasokan" diprioritaskan dengan bobot 42%,

yang menunjukkan kepentingan utamanya di atas "Kapasitas Pelabuhan" dan "Kapasitas Penyimpanan," yang masing-masing memiliki bobot 31% dan 28%.

Dalam sub-aspek "Distribusi Operasional", "Jarak" diberi bobot yang lebih tinggi yaitu 51%, yang mencerminkan peran pentingnya dalam perencanaan logistik, dibandingkan dengan "Pilihan Distribusi" dengan bobot 49%. Terakhir, dalam sub-aspek "Terminal & Fleksibilitas Bisnis Baru", "Potensi Bisnis Baru" dinilai lebih tinggi dengan bobot 58% dibandingkan dengan "Fleksibilitas Terminal" dengan bobot 42%, yang menunjukkan peran penting peluang bisnis baru dalam mengevaluasi kelayakan proyek.

Secara keseluruhan, hasil tersebut menggarisbawahi faktor-faktor penting dan kepentingan relatifnya dalam mengevaluasi kelayakan proyek dan memandu proses pengambilan keputusan secara efektif. AHP telah terbukti menjadi alat yang berharga dalam evaluasi proyek dengan memberikan bobot relatif untuk berbagai kriteria, sehingga membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih terstruktur dan obyektif (Kumar & Thakur, 2014). Poin-poin dan bobot kriteria ini telah menerima umpan balik dari para ahli dan telah disetujui untuk digunakan dalam mengembangkan rubrik penilaian. Validasi ahli memastikan bahwa kriteria secara akurat mewakili aspek-aspek kunci dari evaluasi proyek, sehingga memungkinkan proses pembobotan yang lebih andal dan kuat dalam kerangka kerja pengambilan keputusan. Validasi ahli sangat penting dalam proses AHP karena memastikan bahwa kriteria dan bobot yang ditetapkan mencerminkan konsensus ahli dan relevansi praktis dalam konteks proyek (Ranganathan & Hashemi, 2010). Konsensus di antara para ahli ini memperkuat validitas penentuan prioritas dan memberikan dasar yang kuat untuk proses evaluasi.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Studi ini berhasil mengembangkan rubrik evaluasi yang komprehensif untuk menilai kelayakan proyek logistik strategis di industri minyak dan gas dengan menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Lima kriteria utama - Keselamatan & Integritas Aset, Efisiensi NPV, Pasokan Operasional, Distribusi Operasional, dan Fleksibilitas Terminal & Bisnis Baru - dievaluasi dan diberi bobot secara sistematis. Hasilnya menunjukkan bahwa *Keselamatan & Integritas Aset* merupakan faktor yang paling penting, diikuti oleh *Efisiensi NPV* dan *Pasokan Operasional*. Sub-kriteria seperti *Keselamatan*, *Opsi Pasokan*, dan *Potensi Bisnis Baru* mendapatkan bobot tertinggi dalam kategori masing-masing, yang menunjukkan peran penting mereka dalam kelayakan proyek. Rasio konsistensi yang diperoleh berada dalam batas yang dapat diterima, yang mengindikasikan keandalan penilaian para ahli. Selain itu, validasi ahli mengkonfirmasi relevansi dan penerapan kriteria dan bobotnya. Temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan strategis dalam mengevaluasi proyek logistik serupa di masa depan.

Rekomendasi

Proyek-proyek di masa depan yang melibatkan perubahan strategis dalam operasi terminal bahan bakar harus mengadopsi alat bantu pengambilan keputusan multi-kriteria seperti AHP untuk memastikan evaluasi yang seimbang di luar metrik keuangan.

Disarankan agar para pengambil keputusan memprioritaskan aspek-aspek seperti keselamatan dan keandalan pasokan di awal fase perencanaan. Selain itu, memasukkan validasi ahli harus menjadi praktik standar untuk meningkatkan akurasi dan relevansi kontekstual model evaluasi.

Untuk meningkatkan penelitian di masa depan, memperluas basis responden dan mengintegrasikan analisis sensitivitas berbasis skenario dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang ketahanan model. Terakhir, mengadopsi alat bantu digital untuk mengotomatiskan perhitungan dan visualisasi AHP dapat meningkatkan efisiensi dan pemahaman pemangku kepentingan dalam lingkungan pengambilan keputusan yang kompleks.

REFERENSI

- Budiharjo. (2024). *Aplikasi metode Analytical Hierarchy Process dalam seleksi kontraktor spesialis di PT. XYZ. Jurnal Logistica*, 2(2), 43–49. Contoh bobot kriteria (kualitas: 0,42; biaya: 0,23; kolaborasi: 0,12) dalam proyek strategis industri
- Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). *Proses Hirarki Analitik (Analytic Hierarchy Process): Sebuah Tinjauan Aplikasi. Aplikasi Ilmu Manajemen*, 1, 1-25.
- Kumar, S., & Thakur, M. (2014). Penerapan Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Mengevaluasi Kinerja Perusahaan. *Jurnal Bisnis dan Manajemen Internasional*, 9(8), 79-88.
- Ranganathan, C., & Hashemi, H. (2010). Validasi Pakar terhadap Model Keputusan Berbasis AHP: Sebuah Studi Kasus. *Jurnal Sistem Keputusan*, 19(2), 179-195.
- Saaty, T. L. (1980). *Proses Hirarki Analitik (The Analytic Hierarchy Process)*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1994). *Dasar-dasar Pengambilan Keputusan dan Teori Prioritas dengan Proses Hirarki Analitik*. Publikasi RWS.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2001). *Model, Metode, Konsep & Aplikasi Proses Hirarki Analitik*. Springer.
- Saaty, T. L., & Forman, E. H. (2001). *The analytical hierarchy process—an exposition. Operations Research*, July 2001. Tinjauan metodologis dasar AHP
- Triantaphyllou, E., & Khamooshi, H. (1996). Ketangguhan Proses Hirarki Analitik: Sebuah Studi Perbandingan. *Komputer & Riset Operasi*, 23(9), 1015- 1021.
- Utami, K. S., Djumiati Sitania, F., & Profita, A. (2022). *Penerapan FMEA dan AHP dalam perumusan strategi mitigasi risiko proses penyaluran jaringan gas bumi. Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, 6(1). Menggunakan AHP untuk menentukan bobot strategi mitigasi risiko pada proyek gas