

EVALUASI ESTIMASI BIAYA PROYEK GEDUNG BERBASIS RAB DENGAN METODE AHP-TOPSIS PADA 7 PROYEK

Annisa Rimadantia Samudra^{1*}, Edward Rizky Ahadian²

¹Program Studi Teknik Sipil FT Unkhair

²Program Studi Teknik Sipil FT Unkhair

¹*annisarimadantia@unkhair.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak: Estimasi biaya proyek konstruksi adalah proses penting yang menentukan kelayakan proyek, efisiensi alokasi sumber daya, dan keberhasilan proyek secara keseluruhan. Dalam konstruksi bangunan, penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) seringkali menghadapi tantangan ketidakpastian dan variabilitas, sehingga memerlukan metode evaluasi yang objektif dan terstruktur. Studi ini bertujuan untuk menilai akurasi estimasi biaya berbasis RAB untuk tujuh proyek bangunan menggunakan pendekatan Terpadu Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Metode kuantitatif diterapkan dengan mengumpulkan data primer melalui penilaian ahli terhadap empat kriteria utama yaitu biaya, durasi, kualitas, dan risiko serta 12 sub-kriteria terkait, didukung oleh data sekunder dari dokumen RAB dan spesifikasi teknis proyek. AHP digunakan untuk menentukan bobot prioritas, dengan biaya diidentifikasi sebagai kriteria yang paling berpengaruh (0,53), diikuti oleh durasi (0,19), kualitas (0,18), dan risiko (0,10). Bobot global dimasukkan ke dalam prosedur TOPSIS untuk menghasilkan nilai preferensi (C_i) untuk setiap proyek. Nilai C_i diklasifikasikan lebih lanjut menggunakan ambang persentil pada P25, P50, dan P75 untuk mengkategorikan tingkat kinerja. Batas yang ditetapkan adalah $P25 = 0,5193$, $P50 = 0,5204$, dan $P75 = 0,5232$, yang mengakibatkan proyek B dan G masuk kategori Tinggi ($C_i \geq P75$), proyek F dan D masuk kategori Sedang ($C_i \leq P75$), dan proyek C, E, serta A masuk kategori Rendah ($C_i \leq P50$). Temuan ini memberikan kerangka kerja yang dapat diukur dan direplikasi untuk mengevaluasi konsistensi dan keandalan perkiraan biaya di berbagai proyek bangunan. Integrasi AHP-TOPSIS terbukti efektif untuk evaluasi biaya yang komprehensif, dan studi di masa depan didorong untuk memperluas ukuran sampel dan memasukkan indikator kinerja empiris untuk meningkatkan akurasi keputusan.

Kata kunci: AHP, TOPSIS, estimasi biaya, RAB proyek gedung, MCDM.

Abstract: *Estimating construction project costs is a critical process that determines project feasibility, resource allocation efficiency, and overall project success. In building construction, the preparation of a Cost Estimation Plan (RAB) is often challenged by uncertainty and variability, requiring an objective and structured evaluation method. This study aims to assess the accuracy of RAB-based cost estimates for seven building projects using an integrated Analytical Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) approach. A quantitative method was applied by collecting primary data through expert assessments of four main criteria cost, duration, quality, and risk and 12 related sub-criteria, supported by secondary data from RAB documents and project technical specifications. AHP was used to determine the priority weights, with cost identified as the most influential criterion (0.53), followed by duration (0.19), quality (0.18), and risk (0.10). The global weights were incorporated into the TOPSIS procedure to generate preference values (C_i) for each project. The C_i values were further classified using percentile thresholds at P25, P50, and P75 to categorize performance levels. The established boundaries were $P25 = 0.5193$, $P50 = 0.5204$, and $P75 = 0.5232$, resulting in projects B and G falling into the High category ($C_i \geq P75$), projects F and D into the Medium category ($C_i \leq P75$), and projects C, E, and A into the Low category ($C_i \leq P50$). These findings provide a measurable and replicable framework for evaluating the consistency and reliability of cost estimates across building projects. The integration of AHP-TOPSIS is shown to be effective for comprehensive cost evaluation, and future studies are encouraged to expand sample size and incorporate empirical performance indicators to improve decision accuracy.*

Keywords: AHP, TOPSIS, Cost estimate, Building Project Budget, MCDM.

I. PENDAHULUAN

Estimasi biaya merupakan komponen crucial dalam manajemen proyek konstruksi karena menentukan kelayakan finansial, efisiensi alokasi sumber daya, dan keberhasilan operasional proyek. Dalam konteks pembangunan gedung, penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menjadi dasar utama pengendalian biaya, penyusunan jadwal, dan penetapan strategi pelaksanaan. Namun, dinamika industry konstruksi yang semakin kompleks ditandai oleh fluktuasi harga material, perubahan kebijakan regulatif, dan ketidakpastian pasokan membuat akurasi estimasi biaya semakin menantang (Zhang & Skitmore, 2021). Kondisi pascapandemi juga menyebabkan volatilitas harga yang signifikan pada material kunci seperti baja dan semen, dengan kenaikan mencapai 15–40% dalam dua tahun terakhir (BPS, 2023). Hal ini menyoroti perlunya estimasi biaya yang lebih objektif, fleksibel, dan komprehensif.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menyoroti pentingnya integrasi alat pengambilan keputusan dalam mendukung akurasi estimasi biaya. Teknik seperti AHP dan TOPSIS sering digunakan dalam analisis multi-kriteria untuk proyek konstruksi karena kemampuannya mengurangi subjektivitas dan memberikan keputusan yang sistematis (Sari & Utomo, 2020; Patil & Desai, 2022). Namun, banyak penelitian masih berfokus pada evaluasi kontraktor, prioritas risiko, atau kinerja proyek, sedangkan penelitian yang mengintegrasikan kedua metode ini secara langsung untuk menilai kualitas estimasi biaya berbasis RAB dalam proyek gedung masih sangat terbatas.

Dalam konteks lain, beberapa penelitian menunjukkan bahwa ketidaktepatan estimasi RAB seringkali menjadi penyebab utama pembengkakan biaya dalam proyek konstruksi. Bank Dunia (2020) mencatat bahwa lebih dari 60% proyek infrastruktur di negara berkembang mengalami pembengkakan biaya antara 10–45%. Dalam konteks Indonesia, proyek konstruksi pemerintah menunjukkan penyimpangan rata-rata 12–18% dari nilai RAB awal (KemenPUPR, 2022). Namun, studi-studi yang disebutkan di atas tidak menyediakan metode evaluasi komparatif yang memungkinkan analisis relatif proyek-proyek tersebut menggunakan indikator standar.

Selain itu, kajian mengenai evaluasi estimasi biaya umumnya masih mengandalkan analisis deterministik atau pendekatan satu kriteria, yang kurang mampu menangkap trade-off antara faktor biaya, durasi, kualitas, dan risiko secara simultan (Fernando & Delgado, 2019). Ini adalah kebutuhan penelitian yang signifikan karena hasil estimasi biaya dipengaruhi oleh interaksi antarparameter multidimensi. Keterbatasan pendekatan konvensional mendorong kebutuhan akan metode yang dapat memberikan evaluasi yang lebih komprehensif dan berdasarkan bobot prioritas yang dapat dipertanyakan.

Menurut Triantaphyllou (2021), MCDM (Pengambilan Keputusan Multi Kriteria) adalah metode yang semakin relevan dengan konteks konstruksi karena dapat menghubungkan data kuantitatif dengan data kualitatif secara sistematis. Penggunaan AHP memungkinkan penentuan bobot kriteria yang lebih konsisten, sedangkan TOPSIS menyediakan mekanisme penilaian berbasis jarak terhadap kondisi ideal, sehingga menghasilkan nilai preferensi yang objektif. Namun, sangat sedikit penelitian yang menerapkan integrasi AHP-TOPSIS secara langsung untuk mengevaluasi estimasi biaya proyek berbasis RAB menggunakan sampel multi-proyek yang semuanya berada dalam kategori bangunan yang sama.

Dalam konteks ini, penelitian menggunakan metode AHP dan TOPSIS untuk menilai kinerja estimasi biaya dalam tujuan proyek menggunakan kriteria multidimensi yang mencakup biaya, durasi, kualitas, dan risiko. Pendekatan ini memperkenalkan penggunaan klasifikasi berbasis persentil (P25, P50, P75) sebagai metode kategorisasi tingkat akurasi estimasi biaya, yang jarang diterapkan dalam studi sebelumnya. Penggunaan persentil memberikan pembagian proporsional, terutama untuk ukuran sampel kecil, meningkatkan keandalan interpretasi hasil.

Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah mengevaluasi kualitas dan konsistensi estimasi biaya RAB pada tujuh proyek gedung melalui integrasi metode AHP-TOPSIS dan klasifikasi berbasis persentil. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi dalam memperkaya literatur mengenai penerapan MCDM dalam evaluasi biaya proyek konstruksi dengan menyediakan model analitis yang lebih komprehensif dan dapat direplikasi. Secara praktis, temuan penelitian dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam proses penyusunan dan verifikasi RAB, serta sebagai dasar evaluasi kinerja perencanaan biaya pada berbagai proyek gedung di masa mendatang.

II. METODOLOGI

2.1 Desain dan Pendekatan Penelitian

Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain analisis deskriptif-komparatif untuk menilai kualitas estimasi biaya proyek melalui integrasi metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan kriteria ditetapkan dan preferensi diinterpretasikan secara jelas dan objektif (Creswell & Creswell, 2018). Menurut Ishizaka dan Nemery (2013), integrasi AHP-TOPSIS dipilih karena efektif dalam mengembangkan kriteria multi-kriteria dalam industri konstruksi, termasuk penilaian risiko, biaya, dan pekerjaan proyek.

2.2 Analisis dan Sampel Penelitian

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB), yang berfungsi sebagai unit analisis untuk proyek gedung. Dokumen RAB yang disebutkan di atas menyediakan komponen biaya, volume pekerjaan, harga satuan, dan parameter teknis yang penting untuk menentukan kualitas estimasi biaya antar proyek. Semua data dikumpulkan dari dokumen penelitian proyek sehingga memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan secara jelas menggambarkan biaya. Selain data RAB, penelitian ini menggunakan penilaian pakar untuk mengembangkan kriteria dan subkriteria dalam AHP namun, data RAB alternatif digunakan dalam TOPSIS. Integrasi data RAB kuantitatif dan bobot preferensi pakar memungkinkan analisis yang komprehensif dan meningkatkan keandalan (Saaty, 2008; PMI, 2023).

2.3 Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Data primer dan data sekunder merupakan sumber data untuk penelitian ini. Kumpulan data pertama dikumpulkan menggunakan penilaian ahli, atau kuesioner ahli, yang didasarkan pada perbandingan berpasangan AHP untuk menentukan bobot kepentingan antar kriteria biaya, durasi, kualitas, dan risiko serta 12 subkriteria terkait. Responden dibagi menjadi 8 pakar terdiri dari owner, konsultan, kontraktor dan akademisi dengan pengalaman minimal 10 tahun dalam estimasi dan manajemen proyek. Data sekunder diperoleh dari dokumen RAB, dokumentasi teknis proyek, gambar kerja, dan parameter konstruksi lainnya. Kedua kumpulan data ini digabungkan untuk meningkatkan keandalan dan mengurangi bias (Flick, 2018).

2.4 Prosedur Analisis AHP

Analisis AHP dilakukan dalam beberapa langkah: (1) analisis struktur hierarki; (2) analisis komparatif antara kriteria dan subkriteria menggunakan skala Saaty 1–9; (3) analisis rata-rata geometrik hasil analisis pakar; (4) analisis bobot prioritas; dan (5) analisis Rasio Konsistensi (CR). Nilai CR < 0,10 menunjukkan bahwa matriks perbandingan asli dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut (Saaty, 2008). Hasil akhir dari fase ini adalah bobot global yang mengurangi pentingnya relatif dari berbagai kriteria dan subkriteria.

2.5 Prosedur Analisis TOPSIS

Bobot global dari AHP kemudian digunakan dalam analisis TOPSIS untuk menentukan nilai preferensi (C_i) dari berbagai proyek. Menurut Hwang dan Yoon (1981), TOPSIS mencakup hal-hal berikut: normalisasi matriks keputusan, pembobotan matriks, penentuan solusi ideal positif dan negatif, perhitungan jarak nilai terbobot setiap subkriteria pada proyek terhadap solusi ideal positif dan negatif, penentuan nilai C_i sebagai kedekatan relatif terhadap solusi ideal, melakukan perangkingan. Nilai C_i yang lebih besar menunjukkan bahwa proyek yang bersangkutan memiliki evaluasi biaya yang lebih mendekati ideal.

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada metode TOPSIS sebagai berikut :

Menormalisasi setiap nilai alternatif (matriks ternormalisasi) dan matriks ternormalisasi terbobot.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

Menghitung nilai matriks kinerja terbobot

$$y_{ij} = w_i r_{ij}$$

Menghitung *distance* nilai terbobot setiap subkriteria terhadap solusi ideal positif dan negatif

Untuk solusi ideal positif

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij}^+ - y_{ij})^2}$$

Untuk solusi ideal negatif

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij}^- - y_{ij})^2}$$

Menghitung nilai preferensi dari setiap alternatif

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}$$

2.6 Klasifikasi Prioritas Menggunakan Pendekatan Percentile-Quartile

Setelah penentuan C_i melalui metode TOPSIS, tahap selanjutnya dalam penelitian ini menggunakan pendekatan persentil-kuartil untuk mengklasifikasikan prioritas. Posisi persentil dihitung menggunakan rumus $r = (n+1)p$ ketika jumlah alternatif hanya tujuh ($n=7$). Untuk n kecil, nilai r sering kali berfungsi sebagai bilangan bulat, yang berarti kuartil pembagian dilakukan melalui pembulatan praktis tanpa interpolasi. Metode ini dipilih karena hasil klasifikasi bersifat deskriptif-komparatif, bukan uji statistik inferensial. Angka batas yang digunakan adalah P25, P50, dan P75, dengan kategori sebagai berikut: Tinggi = $C_i \geq P75$, Sedang = $P50 \leq C_i < P75$, dan Rendah = $C_i < P50$. Metode ini menyediakan kategorisasi keluaran komunikatif bagi manajer proyek dan pengambil keputusan dalam mengevaluasi kinerja biaya relatif terhadap proyek lain. Pendekatan persentil sesuai dengan rekomendasi analisis kuartil data untuk sampel kecil dalam studi manajemen konstruksi (Jarkas & Bitar, 2012).

2.7 Validitas dan Reliabilitas

Validitas penelitian ini diperkuat melalui triangulasi data, pengujian konsistensi AHP, dan penerapan metode MCDM yang telah diperiksa secara menyeluruh. Reliabilitas dicapai dengan menggunakan rata-rata *geometric mean* untuk menghubungkan penilaian pakar dan

standar konsistensi yang ketat pada AHP. Studi ini juga mempertimbangkan aspek etika, seperti tujuan penggunaan data proyek, dokumen RAB kerahasiaan, dan responden anonim. Tujuan keseluruhan dari metode ini adalah untuk memastikan bahwa temuan penelitian memiliki akurasi tinggi, relevansi praktis, dan kemampuan untuk diterapkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Data Proyek

Studi ini menganalisis tujuan proyek pembangunan gedung menggunakan data primer dari dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan bobot kriteria untuk pakar penilai melalui AHP. Proyek ini diberi kode A hingga G. Semua informasi struktural RAB, yang meliputi persiapan pekerjaan, struktur, arsitektur, mekanikal-elektrikal, dan penunjang yang relatif seragam. Meskipun lingkup pekerjaan sejenis, ada perbedaan dalam total RAB, kompleksitas teknis, dan biaya per subpekerjaan. Hal ini memungkinkan evaluasi komparatif yang relevan dengan proyek.

3.2 Hasil Pembobotan Kriteria dan Subkriteria dengan Metode AHP

Kuesioner perbandingan berpasangan dari ahli menunjukkan bahwa kriteria biaya memiliki nilai bobot tertinggi, yaitu 0,53, yang mengindikasikan bahwa akurasi estimasi biaya merupakan faktor dominan dalam penilaian kualitas RAB. Berikut adalah durasi (0,19), kualitas (0,18), dan risiko (0,10) sedangkan untuk bobot subkriteria dapat dilihat pada (Tabel I). Untuk menentukan konsistensi pakar penilaian, diperlukan $CR < 0,1$ untuk keseluruhan matriks perbandingan. Hal ini sejalan dengan literatur yang menyoroti biaya sebagai pendorong utama pengembangan proyek konstruksi, khususnya di sektor gedung (PMI, 2023; El-Sayegh, 2009).

Tabel I Rekap Bobot Keseluruhan (Global)

Kriteria	Bobot	Subkriteria	Bobot Lokal	Bobot Global
C1 Biaya	0,53	C1.1 Ketepatan perhitungan RAB dengan Kondisi aktual proyel	0,340	0,180
		C1.2 Efisiensi penggunaan sumber daya dan material	0,378	0,200
		C1.3 Kemungkinan terjadi cost overrun	0,282	0,149
C2 Durasi/ Waktu	0,19	C2.1 Ketepatan estimasi jadwal dengan realisasi proyek	0,591	0,110
		C2.2 Produktivitas pekerjaan di lapangan	0,278	0,052
C3 Kualitas	0,18	C2.3 Risiko keterlambatan akibat faktor eksternal	0,131	0,024
		C3.1 Kepatuhan terhadap spesifikasi teknis dan standar mutu	0,596	0,107
C4 Risiko	0,10	C3.2 Ketersediaan tenaga kerja ahli dan material sesuai standar	0,304	0,055
		C3.3 Tingkat kepuasan pengguna/owner terhadap hasil akhir	0,100	0,018
		C4.1 Potensi risiko teknis (desain, metode pelaksanaan)	0,313	0,033
		C4.2 Potensi risiko eksternal (cuaca, regulasi, sosial)	0,373	0,039
		C4.3 Kemampuan mitigasi risiko dalam perencanaan biaya	0,314	0,033

3.3 Hasil Perhitungan TOPSIS dan Nilai Preferensi (C_i)

Proses TOPSIS dimulai dengan normalisasi matriks keputusan untuk memastikan semua kriteria terpenuhi. Ini diikuti dengan penggunaan bobot AHP global (Tabel I). Matriks terbobot yang disebutkan di atas berfungsi sebagai dasar untuk solusi positif ideal (A^+) dan negatif ideal (A^-) (Tabel III), menekankan bahwa risiko adalah atribut *cost* sementara biaya, durasi, dan kualitas adalah atribut *benefit*. Setiap proyek yang melibatkan A^+ dan A^- dihitung menggunakan metode Euclidean yang dipakai dalam perhitungan *distance* nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal positif dan negative, dan nilai preferensi kemudian dihitung menggunakan formula : $C_i = D^-/(D^+ + D^-)$. Tahapan pertama yang dilakukan adalah normalisasi matriks keputusan, dimana nilai setiap sub-kriteria pada 7 proyek dinormalisasi

berdasarkan formula $v_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum x_{ij}^2}$. Tujuan normalisasi adalah untuk memastikan bahwa setiap alternatif berada pada skala sama sehingga dapat dibandingkan secara objektif.

Pembobotan matriks normalisasi, fase kedua dilakukan dengan mengalikan setiap nilai v_{ij} dengan bobot AHP global (Tabel II) yang sudah diperoleh dari 4 kriteria : biaya (0,53), durasi (0,19), kualitas (0,18), dan risiko (0,10).

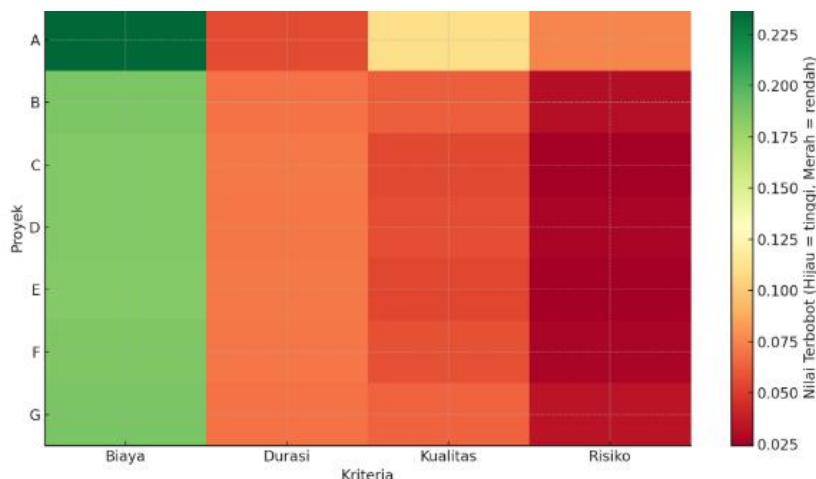
Tabel II Matriks Terbobot

Proyek	C1.1	C1.2	C1.3	C2.1	C2.2	C2.3	C3.1	C3.2	C3.3	C4.1	C4.2	C4.3
A	0,0255	0,0346	0,1359	0,0190	0,0056	0,0219	0,0715	0,0341	0,0107	0,0294	0,0342	0,0220
B	0,0694	0,0771	0,0322	0,0423	0,0199	0,0055	0,0354	0,0186	0,0062	0,0072	0,0091	0,0107
C	0,0758	0,0833	0,0171	0,0457	0,0220	0,0030	0,0301	0,0164	0,0056	0,0037	0,0055	0,0090
D	0,0742	0,0818	0,0210	0,0448	0,0214	0,0037	0,0315	0,0170	0,0057	0,0046	0,0064	0,0094
E	0,0766	0,0841	0,0151	0,0461	0,0222	0,0027	0,0294	0,0161	0,0055	0,0033	0,0050	0,0088
F	0,0738	0,0815	0,0217	0,0447	0,0213	0,0038	0,0317	0,0171	0,0058	0,0048	0,0066	0,0095
G	0,0672	0,0750	0,0375	0,0412	0,0191	0,0063	0,0372	0,0194	0,0065	0,0084	0,0104	0,0112

Matriks berbobot ini kemudian menjadi dasar dalam mengidentifikasi nilai solusi ideal positif (A^+) yang mewakili kondisi terbaik, dan solusi ideal negatif (A^-) yang mewakili kondisi terburuk. Pada penelitian ini, biaya, durasi, dan kualitas merupakan atribut benefit , sehingga nilai A^+ dipilih dari nilai terbesar (maksimum) pada setiap kolom subkriteria. Sebaliknya, risiko merupakan atribut cost, sehingga nilai ideal positif dipilih dari nilai terkecil (Minimum). Diuraikan lebih jelas pada (Tabel III). Hasil nilai numerik yang diperoleh kemudian divisualisasikan dalam bentuk *heatmap* (Gambar 1). Warna hijau yang dominan pada proyek B dan G menunjukkan kinerja yang tinggi pada kriteria utama, sedangkan warna kemerahan pada proyek C dan E menunjukkan kinerja yang relatif lebih rendah. Selain menjamin konsistensi hasil analisis TOPSIS, heatmap merupakan penyajian data untuk mengamati pola hubungan antara proyek dan kriteria secara cepat dan intuitif.

Tabel III Solusi Ideal Positif A^+ dan Negatif A^-

Subkriteria	Type	A^+ (ideal)	A^- (Antiideal)
C1.1	Benefit	0,0766	0,0255
C1.2	Benefit	0,0841	0,0346
C1.3	Cost	0,0151	0,1359
C2.1	Benefit	0,0461	0,0190
C2.2	Benefit	0,0222	0,0056
C2.3	Cost	0,0027	0,0219
C3.1	Benefit	0,0715	0,0294
C3.2	Benefit	0,0341	0,0161
C3.3	Benefit	0,0107	0,0055
C4.1	Cost	0,0033	0,0294
C4.2	Cost	0,0050	0,0342
C4.3	Benefit	0,0220	0,0088



Gambar 1 Heatmap Kinerja Proyek Berdasarkan Kriteria

Heatmap kinerja proyek berdasarkan 4 kategori kriteria utama. Sumbu horizontal menunjukkan Kriteria (Biaya, Durasi, Kualitas, Risiko) sedangkan sumbu vertical menampilkan daftar Proyek (A-G). Intensitas kinerja proyek A-G divisualisasikan menggunakan kriteria biaya, durasi, kualitas, dan risiko. Warna hijau melambangkan performa tinggi, kuning performa sedang, dan merah performa rendah. Sebelum perhitungan nilai preferensi (C_i), *Heatmap* ini menampilkan efektivitas proyek berdasarkan sejumlah kriteria.

Tahap berikutnya adalah menghitung jarak setiap proyek terhadap solusi ideal positif (D^+) serta solusi ideal negatif (D^-) menggunakan rumus Euclidean. Proyek dengan nilai D^+ kecil dan D^- besar menunjukkan kedekatan yang lebih tinggi terhadap alternatif ideal. Dari proses ini diperoleh nilai relatif C_i melalui formula $C_i = D^- / (D^+ + D^-)$ yang menghasilkan keluaran antara 0 dan 1. Semakin besar nilai C_i , semakin baik performa proyek dibandingkan proyek lain dalam dataset. Berdasarkan analisis menunjukkan bahwa nilai C_i pada 7 proyek terletak dalam rentang sempit (0,5186 – 0,5232), yang menunjukkan kemiripan karakteristik biaya, durasi, kualitas, dan risiko antar proyek, terutama karena seluruh RAB berjenis bangunan gedung dengan struktur biaya sejenis. Meskipun variasi kecil tersebut tetap menghasilkan perbedaan preferensi yang relevan ketika dikaitkan dengan bobot kriteria dan TOPSIS tetap mampu membedakan kinerja relatif berdasarkan kedekatan terhadap solusi ideal. Proyek B dan G menempati posisi tertinggi, karena distribusi kinerja yang lebih seimbang pada semua kriteria, terutama biaya dan durasi. Sementara proyek A, C, dan E mendapatkan nilai C_i lebih rendah karena deviasi lebih besar terhadap nilai ideal khususnya pada kriteria kualitas dan risiko, proyek D dan F diklasifikasikan sebagai sedang. (Tabel IV)

Tabel IV. Nilai Preferensi C_i

Proyek	D^+	D^-	C_i
A	0,5329	0,5741	0,5186
B	0,4482	0,4901	0,5224
C	0,4751	0,5140	0,5197
D	0,4674	0,5071	0,5204
E	0,4792	0,5176	0,5193
F	0,4659	0,5058	0,5205
G	0,4411	0,4840	0,5232

3.4 Klasifikasi Performa Menggunakan Pendekatan Percentile-Quartile

Nilai Ci menggunakan batas percentile P25, P50, dan P75, dengan perhitungan menggunakan rumus :

$$r = (n + 1)p$$

karena $n = 7$, pendekatan pembulatan praktis digunakan. Dengan kriteria : Tinggi ($C_i \geq P75$), Sedang ($P50 \leq C_i < P75$), Rendah ($C_i < P50$). Kategori masing – masing proyek dapat dilihat pada Tabel V.

Tabel V. Batas Persentil dan Klasifikasi Proyek

Batas	Nilai	Kategori	Proyek
P25	0,5193	Tinggi	B, G
P50	0,5204	Sedang	F, D
P75	0,5232	Rendah	C, E, A

Klasifikasi ini menunjukkan bahwa proyek dengan kualitas estimasi RAB paling mendekati ideal adalah B dan G, yang biasanya memiliki komposisi biaya proporsional pada pekerjaan struktur dan arsitektur dibandingkan proyek sedang dan rendah.

3.5 Interpretasi Temuan Utama

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya variasi kinerja pada estimasi biaya tidak ditentukan oleh total nilai RAB, melainkan oleh proporsi biaya antar subpekerjaan dan konsistensi nilai indicator durasi dan kualitas. Beberapa alasan proyek B dan G memiliki peringkat tinggi dikarenakan :

1. Proyek B dan G memiliki distribusi biaya yang lebih stabil antara pekerjaan struktural dan arsitektural dengan tingkat keberhasilan yang tinggi.
2. Rasio biaya terhadap luas yang lebih efisien.
3. Ketidakpastian risiko yang lebih rendah menurut ahli.

Sebaliknya, proyek A, C, dan E diklasifikasikan rendah dikarenakan :

1. Terdapat ketidakwajaran proporsi biaya pada beberapa subkomponen pekerjaan.
2. Ketidaksesuaian antara nilai biaya dan *output* teknis.
3. Variasi durasi yang tidak konsisten dengan kompleksitas pekerjaan.

Jurnal ini membahas bagaimana kualitas estimasi biaya antar proyek dapat dievaluasi secara objektif menggunakan integrasi AHP-TOPSIS

3.6 Perbandingan dengan Studi Sebelumnya

Hasil penelitian ini konsistem dengan temuan Opricovic & Tzeng (2004), yang menyatakan bahwa TOPSIS efektif dalam menciptakan alternatif dengan tingkat kinerja yang sangat tinggi. Beberapa studi lainnya (El-Sayagh, 2009; Aminbakhsh et al., 2013) juga menyoroti dominasi kriteria biaya dalam evaluasi proyek konstruksi, sejalan dengan metodologi penelitian AHP. Namun, penelitian sebelumnya biasanya mengevaluasi kinerja proyek berdasarkan data implementasi (kelebihan biaya, keterlambatan, dan kualitas). Sebaliknya, penelitian ini mengisi kesenjangan penelitian dengan berfokus pada penilaian kualitas estimasi biaya (RAB) sebelum konstruksi, sehingga membantu meningkatkan akurasi perencanaan awal.

3.7 Kesesuaian Temuan dengan Teori dan Konsep Evaluasi Estimasi Biaya

Dengan bobot 0,53 dari hasil AHP, temuan penelitian menunjukkan bahwa kriteria biaya merupakan faktor signifikan dalam penilaian kualitas RAB. Dominasi ini konsisten dengan gagasan manajemen biaya konstruksi, yang menyoroti pentingnya perencanaan biaya dalam

pelaksanaan proyek, terutama pada tahap pra konstruksi (PMI, 2023). Teori estimasi konstruksi menyatakan bahwa efisiensi harga satuan, perbandingan biaya antar subpekerjaan, dan konsistensi parameter teknis terhadap desain, semuanya berdampak pada keakuratan RAB (Oberlender & Trost, 2001). Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa bahkan perubahan kecil dalam struktur biaya dapat berdampak signifikan pada bagaimana opsi terbaik dinilai terhadap alternatif ideal dalam TOPSIS. Dalam situasi lain, prinsip yang diuraikan oleh Saaty (2008) menyatakan bahwa konsistensi penilaian pakar dalam matriks perbandingan berpasangan menunjukkan penilaian logis mencapai nilai $CR < 0,1$, sehingga penggunaan metode AHP untuk menentukan bobot kriteria valid. Studi oleh Opricovic & Tzeng (2004), yang mengklaim bahwa TOPSIS efektif dalam menciptakan alternatif dengan kinerja yang sangat berdekatan, seperti dalam studi ini dengan rentang C_i yang relatif sempit ($0,5186 - 0,5232$).

3.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil

Proyek B dan G diklasifikasikan pada level tinggi karena beberapa faktor teknis dan struktural. Pertama, proyek-proyek yang disebutkan di atas menunjukkan komposisi biaya yang lebih seimbang antara pekerjaan struktural dan arsitektural, yang mengarah pada kedekatan nilai yang lebih tinggi dalam hal biaya dan standar kualitas. Setiap proyek memiliki dasar RAB yang relatif homogen, menurut rentang C_i yang sempit antar proyek. Namun, perubahan kecil dalam parameter ini dapat memengaruhi TOPSIS. Kedua, bobot kriteria risiko yang relatif rendah (0,10) menunjukkan bahwa perbedaan kinerja antar proyek tidak disebabkan terutama oleh variabel risiko, yang sejalan dengan temuan Shen et al. (2010) bahwa risiko sering ditemukan pada tahap awal. Di sisi lain, proyek A, C, dan E termasuk dalam kategori rendah karena distribusi biaya yang tidak merata dan ketidaksesuaian antara besaran biaya dan luas, atau *output* teknis, daripada total biaya yang kecil. Hal ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Oberlender & Trost (2001) bahwa, meskipun perkiraan keseluruhan wajar, perkiraan yang tidak konsisten dengan parameter desain awal dapat menurunkan akurasi RAB.

3.9 Ketidaksesuaian dengan Ekspektasi atau Temuan Studi Terdahulu

Nilai C_i , yang berdekatan antarproyek, adalah salah satu hasil yang kurang konsisten dengan sudut pandang awal. Secara teoritis, rentang nilai dengan preferensi yang lebar seharusnya muncul dari berbagai variasi proyek dalam lingkup yang berbeda (Aminbakhsh et al., 2013). Meskipun demikian, sedikit sekali variasi antar proyek karena homogenitas lingkup pekerjaan pada semua proyek dalam penelitian ini. Ini bukan penyimpangan melainkan, ini menggambarkan realitas proyek gedung yang menggunakan standar AHSP dan SNI, yang relatif sebanding dengan RAB. Ada perbedaan dengan beberapa studi MCDM yang menunjukkan bahwa risiko seringkali menjadi kriteria dengan bobot tinggi. Dalam penelitian ini, bobot risiko relatif rendah karena peneliti menemukan bahwa ketidakpastian proyek gedung biasanya lebih rendah daripada proyek infrastruktur skala besar. Hal ini menyoroti perlunya pendekatan kontekstual dalam analisis bobot kriteria.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan pendekatan perhitungan biaya berpengaruh langsung pada hasil estimasi akhir proyek, terutama ketika tiap metode memiliki dasar analisis harga, struktur komponen, dan asumsi teknis yang berbeda. Pengolahan data RAB utama dari ketujuh proyek memperlihatkan bahwa variasi bobot kriteria dan penilaian performa memberikan dampak nyata terhadap peringkat alternatif menggunakan AHP-TOPSIS. Hasil ini menegaskan bahwa pemilihan metode estimasi dan konsistensi dalam penyusunan data menjadi faktor kunci untuk menghasilkan evaluasi biaya yang lebih dapat diandalkan. Selain itu, perbandingan antar proyek mengungkapkan pola efisiensi yang dapat menjadi acuan dalam

pengambilan keputusan pada proyek berikutnya. Secara keseluruhan, penelitian ini mendukung tujuan utama jurnal: memberikan gambaran objektif mengenai bagaimana kombinasi metode analitis dapat membantu pengelola proyek menilai alternatif secara lebih terukur dan transparan.

Ringkasan poin-poin utama dan keterkaitannya dengan tujuan penelitian

a. Urgensi Evaluasi Estimasi Biaya Proyek

Penelitian berangkat dari kebutuhan meningkatkan akurasi RAB yang sering terpengaruh ketidakpastian. Urgensi ini berkaitan langsung dengan tujuan penelitian untuk menghadirkan metode evaluasi yang lebih objektif dan konsisten antarproyek.

b. Integrasi AHP–TOPSIS sebagai Kerangka Analisis

AHP digunakan untuk menetapkan bobot prioritas kriteria, sedangkan TOPSIS dipakai untuk menilai kedekatan alternatif dengan kondisi ideal. Kombinasi ini mendukung tujuan penelitian dalam menyediakan pendekatan evaluatif yang sistematis dan dapat direplikasi.

c. Sumber Data RAB sebagai Dasar Analisis

Penggunaan data kuantitatif dari RAB, dipadukan dengan bobot pakar, memastikan evaluasi berbasis dokumen teknis yang valid. Langkah ini selaras dengan tujuan artikel untuk menghasilkan analisis biaya yang realistik dan terukur.

d. Temuan AHP: Dominasi Kriteria Biaya

Bobot tertinggi pada aspek biaya menunjukkan bahwa perbedaan estimasi menjadi faktor pembeda utama antarproyek. Temuan ini menguatkan fokus utama penelitian pada evaluasi biaya RAB.

e. Temuan TOPSIS: Nilai Ci dan Peringkat Alternatif

Meskipun selisih Ci tidak terlalu lebar, metode ini tetap efektif menghasilkan peringkat objektif. Proyek B dan G unggul, sedangkan C dan E berada di posisi bawah sejalan dengan tujuan penelitian untuk menyediakan pemeringkatan yang terukur.

f. Klasifikasi Percentile–Quartile

Pengelompokan nilai ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah memberi gambaran evaluatif yang lebih mudah digunakan dalam pengambilan keputusan. Hal ini mendukung tujuan jurnal menyediakan hasil yang aplikatif.

g. Visualisasi Heatmap sebagai Penguat Interpretasi

Heatmap membantu menggambarkan pola performa proyek secara cepat dan intuitif, memperjelas hasil numerik dan meningkatkan nilai praktis penelitian.

h. Kontribusi Penelitian

Studi ini menghasilkan kontribusi teoritis berupa contoh penerapan integrasi AHP–TOPSIS untuk evaluasi biaya, serta kontribusi praktis berupa model klasifikasi performa proyek. Keduanya konsisten dengan tujuan utama: menghadirkan metode evaluasi biaya yang objektif, komprehensif, dan mudah digunakan.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Harga Bahan Bangunan Konstruksi*. BPS RI.

- [2] Fernando, I., & Delgado, J. (2019). *Multi-criteria approaches in construction cost management*. Journal of Construction Engineering, 45(2), 112–128.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). *Laporan Evaluasi Deviasi Biaya Proyek Bangunan Gedung*. Jakarta: KemenPUPR
- [4] Patil, S., & Desai, D. (2022). *Application of AHP-TOPSIS for contractor evaluation*. International Journal of Construction Management, 22(4), 1–11.
- [5] Sari, D., & Utomo, T. (2020). Decision-making models in Indonesian construction projects. Journal of Civil Engineering Research, 9(3), 55–64.
- [6] Triantaphyllou, E. (2021). *Multi-Criteria Decision Making: Methods and Applications*. Springer.
- [7] Zhang, L., & Skitmore, M. (2021). *Cost estimation variability in construction*. Automation in Construction, 123, 103–155.
- [8] Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- [9] Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). *Comparison of convenience sampling and purposive sampling*. American Journal of Theoretical and Applied Statistics, 5(1), 1–4.
- [10] Flick, U. (2018). *An introduction to qualitative research* (6th ed.). SAGE.
- [11] Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer.
- [12] Ishizaka, A., & Nemery, P. (2013). *Multi-criteria decision analysis: Methods and software*. Wiley.
- [13] Jarkas, A. M., & Bitar, C. G. (2012). *Factors affecting construction labor productivity in Kuwait*. Journal of Construction Engineering and Management, 138(7), 811–820.
- [14] Saaty, T. L. (2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. International Journal of Services Sciences, 1(1), 83–98.
- [15] Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer.
- [16] Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research, 156(2), 445–455.
- [17] PMI. (2023). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute. [18]
- [18] Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Springer.
- [19] Aminbakhsh, S., Gunduz, M., & Sonmez, R. (2013). *Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects*. Journal of Safety Research, 46, 99–107.
- [20] El-Sayegh, S. M. (2009). *Cost overrun in construction projects: The case of UAE*. International Journal of Project Management, 27(2), 131–138.
- [21] Flyvbjerg, B. (2009). *Survival of the unfittest: Why the worst infrastructure gets built—and what we can do about it*. Oxford Review of Economic Policy, 25(3), 344–367.
- [22] Oberleender, G. D., & Trost, S. M. (2001). *Predicting accuracy of early cost estimates based on estimate quality*. Journal of Construction Engineering and Management, 127(3), 173–182.
- [23] Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2004). *Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS*. European Journal of Operational Research, 156(2), 445–455.
- [24] Shen, L. Y., Wu, G. W. C., & Ng, C. S. K. (2010). *Risk assessment for construction joint ventures in China*. Journal of Construction Engineering and Management, 136(7), 831–840.