JURNAL REKAYASA INFRASTRUKTUR
ISSN : 2460-335X
E-ISSN : 2686-6587
Vol 11 No 1, Juni 2025

PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA TAHAP DESAIN SEBAGAI INSTRUMEN EFISIENSI BIAYA DAN WAKTU DALAM PROYEK ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

Mahdika Putra Nanda[1*], Marvel Primananda[2], dan Teuku Ariq Syahrafif[2]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wiralodra, Kecamatan Indramayu
[2]Program Studi Arsitektur, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
**mahdikaputra@gmail.com*

ABSTRACT

The construction sector is often faced with chronic cost and time overruns, while simultaneously having to adopt the principles of sustainable architecture which are perceived as high-cost. This research aims to demonstrate the application of Value Engineering (VE) at the design stage as a strategic instrument to resolve this conflict. The method used is a quantitative case study on a sustainable office building design, with analysis conducted systematically following the VE Job Plan framework. The process includes identifying high-cost components, developing alternatives, and conducting comparative analysis of cost, time, and life cycle cost (LCC). The results show a significant cost efficiency potential of more than Rp 2 billion by substituting the solid wood facade with GRC motif wood and replacing imported marble with high-quality local granite. The study concludes that VE is a highly effective methodology for achieving synergy between economic efficiency and sustainability goals. Practically, this research provides a collaborative model that bridges the gap between designers and construction managers through objective data-driven decision-making.

Keywords: Value Engineering; Cost Efficiency; Sustainable Architecture; Project Management; Design Phase

ABSTRAK

Sektor konstruksi sering dihadapkan pada inefisiensi biaya dan waktu yang kronis, sementara di sisi lain harus mengadopsi prinsip arsitektur berkelanjutan yang dipersepsikan berbiaya tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mendemonstrasikan penerapan Value Engineering (VE) pada tahap desain sebagai instrumen strategis untuk menjembatani konflik tersebut. Metode yang digunakan adalah studi kasus kuantitatif pada sebuah desain gedung kantor berkelanjutan, dengan analisis yang dilakukan secara sistematis mengikuti kerangka kerja VE Job Plan. Prosesnya mencakup identifikasi komponen berbiaya tinggi, pengembangan alternatif, serta analisis komparatif biaya, waktu, dan biaya siklus hidup *Life Cycle Cost* . Hasil penelitian menunjukkan adanya potensi efisiensi biaya yang signifikan lebih dari Rp 2 Miliar melalui substitusi fasad kayu solid dengan GRC motif kayu dan penggantian marmer impor dengan granit lokal berkualitas tinggi. Studi ini menyimpulkan bahwa VE merupakan metodologi yang sangat efektif untuk mencapai sinergi antara efisiensi ekonomi dan sasaran keberlanjutan. Secara praktis, riset ini menyediakan model kolaboratif yang menjembatani kesenjangan antara perancang dan manajer konstruksi melalui pengambilan keputusan berbasis data yang objektif.

Kata kunci: Value Engineering, Efisiensi Biaya, Arsitektur Berkelanjutan, Manajemen Proyek, Tahap Desain

1. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi merupakan salah satu pilar fundamental bagi pertumbuhan ekonomi nasional, namun secara ironis juga menjadi sektor yang paling rentan terhadap inefisiensi, terutama terkait pembengkakan biaya (*cost overrun*) dan keterlambatan jadwal (*time delay*) [1, 2]. Fenomena ini

bukan hanya terjadi di skala global, tetapi juga menjadi masalah sistemik dalam industri konstruksi di Indonesia, yang sering kali menggerus margin keuntungan dan menurunkan nilai investasi proyek [3]. Seiring dengan tekanan efisiensi tersebut, industri konstruksi kini juga dihadapkan pada tuntutan paradigma baru, yaitu arsitektur berkelanjutan. Prinsip-prinsip bangunan hijau (green building) yang berfokus pada efisiensi energi, penggunaan material ramah lingkungan, dan minimalisasi dampak ekologis, telah menjadi standar kualitas dan tanggung jawab yang tidak terhindarkan [4]. Telah diketahui secara luas dalam manajemen proyek bahwa keputusan yang diambil pada tahap desain awal memiliki dampak paling signifikan, yang mengunci sekitar 70-80% dari total biaya siklus hidup proyek [5]. Sebagai respons terhadap tantangan efisiensi ini, Value Engineering (VE) atau Rekayasa Nilai telah diakui sebagai sebuah metodologi sistematis dan terstruktur untuk menganalisis fungsi dan biaya, guna mencapai nilai (*value*) terbaik dari sebuah proyek tanpa mengorbankan kualitas, performa, dan estetika esensial [6–8].

Meskipun potensi VE telah diketahui, implementasinya di lapangan masih menunjukkan sejumlah kesenjangan kritis dan paradoks yang signifikan. Permasalahan pertama, penerapan VE sering kali tidak dilakukan pada waktu yang tepat. Alih-alih digunakan secara proaktif sebagai instrumen optimasi pada fase desain konseptual, VE justru lebih sering diaplikasikan secara reaktif sebagai kegiatan pemangkasan biaya (*cost cutting*) pada tahap pra-konstruksi atau bahkan saat konstruksi berjalan, di mana fleksibilitas untuk perubahan signifikan sudah sangat terbatas dan berbiaya mahal [9, 10]. Kedua, masih terdapat jurang kolaborasi (collaborative gap) yang dalam antara tim perancang (arsitek) dan tim pelaksana (manajer konstruksi) pada tahap awal proyek. Arsitek berfokus pada pemenuhan aspek fungsional dan estetika, sementara pengetahuan krusial mengenai metode konstruksi, ketersediaan material, dan efisiensi biaya dari manajer konstruksi sering kali tidak terintegrasi sejak awal, menyebabkan lahirnya desain yang indah namun tidak optimal dari sisi biaya dan kemudahan pelaksanaan [11]. Ketiga, dan yang paling relevan dengan konteks saat ini, sinergi antara VE dan prinsip keberlanjutan belum sepenuhnya dieksplorasi dan sering kali disalahpahami. Terdapat persepsi keliru bahwa tujuan keberlanjutan (yang diasosiasikan dengan biaya awal lebih tinggi) bertentangan langsung dengan tujuan VE (yang berfokus pada penghematan biaya), padahal VE seharusnya mampu mengidentifikasi solusi inovatif yang meningkatkan kinerja lingkungan sekaligus menekan biaya siklus hidup [12, 13]. Akibatnya, potensi VE untuk mengoptimalkan desain berkelanjutan sering kali terabaikan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan tersebut dengan menerapkan metodologi Value Engineering secara sistematis pada sebuah studi kasus desain arsitektur berkelanjutan pada tahap perancangan. Analisis akan dilakukan untuk mengidentifikasi komponen berbiaya tinggi (high-cost components), mengembangkan alternatif-alternatif yang lebih efisien dari sisi biaya dan waktu, serta mengevaluasinya tanpa mengurangi nilai fungsi dan sasaran keberlanjutan dari desain asli. Riset ini penting karena secara lugas memberikan bukti empiris dan kuantitatif mengenai efektivitas penerapan VE pada fase desain awal, sebuah tahapan krusial yang secara tradisional sering kali diabaikan. Lebih lanjut, studi ini berfungsi sebagai model untuk menjembatani kesenjangan kolaborasi antara arsitek dan manajer konstruksi, menunjukkan bagaimana integrasi keahlian manajemen konstruksi sejak awal dapat menghasilkan desain yang tidak hanya unggul secara estetika dan fungsi, tetapi juga superior dari segi efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan. Pada akhirnya, penelitian ini berupaya mematahkan mitos konflik antara biaya dan keberlanjutan, dengan mendemonstrasikan bahwa Value Engineering adalah instrumen strategis yang mampu menyelaraskan kedua tujuan tersebut untuk melahirkan proyek arsitektur berkelanjutan yang bernilai optimal.

2. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus (case study) dengan metode analisis deskriptif-kuantitatif. Pendekatan ini dipilih untuk menginvestigasi penerapan *Value Engineering* (VE) secara spesifik. Sifat deskriptif dari penelitian digunakan untuk menguraikan dan menjelaskan kondisi desain awal proyek. Sementara itu, sifat kuantitatif menjadi inti dalam proses analisis, di mana data numerik digunakan untuk mengukur, menghitung, dan membandingkan alternatif-alternatif yang dihasilkan guna memperoleh kesimpulan yang objektif.

Objek dan Sumber Data

Objek penelitian ini adalah dokumen perancangan Kantor lengkap dari sebuah proyek arsitektur berkonsep berkelanjutan. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

a. Data Primer: Berupa dokumen gambar teknis (denah, tampak, potongan) dan spesifikasi material dari desain awal. Data ini menjadi dasar untuk melakukan perhitungan volume pekerjaan (*quantity take-off*).
b. Data Sekunder: Merupakan data pendukung untuk mengolah data primer, mencakup:
    1) Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang bersumber dari Standar Nasional Indonesia (SNI) atau peraturan pemerintah daerah yang berlaku.
    2) Data Produktivitas Tenaga Kerja yang diperoleh dari literatur manajemen konstruksi.
    3) Spesifikasi Teknis dan Harga Material Alternatif yang diperoleh dari data pemasok dan survei pasar.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan secara sistematis dengan mengadopsi kerangka kerja Value Engineering (VE) Job Plan yang diakui secara internasional. Proses ini terbagi ke dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1) Tahap Informasi: Pada tahap awal ini, dilakukan penyusunan model biaya (cost model) proyek berdasarkan RAB awal untuk mengidentifikasi komponen-komponen berbiaya tinggi menggunakan Prinsip Pareto (80/20). Selain itu, dilakukan analisis fungsi menggunakan Function Analysis System Technique (FAST) untuk memahami fungsi esensial dari setiap komponen desain yang menjadi target analisis.
2) Tahap Kreatif: Setelah fungsi dan target biaya diketahui, dilanjutkan dengan sesi brainstorming untuk menghasilkan ide-ide alternatif sebanyak mungkin yang mampu memenuhi fungsi yang telah ditetapkan dengan cara yang lebih efisien dan inovatif.
3) Tahap Analisis: Ide-ide yang terkumpul dari tahap kreatif kemudian dievaluasi secara ketat. Evaluasi ini tidak hanya membandingkan estimasi biaya konstruksi, tetapi juga menganalisis dampak setiap alternatif terhadap jadwal proyek dan biaya siklus hidupnya (Life Cycle Cost - LCC). Analisis LCC menjadi krusial untuk memastikan usulan sejalan dengan prinsip keberlanjutan.
4) Tahap Pengembangan dan Rekomendasi: Alternatif-alternatif terbaik yang lolos dari tahap analisis kemudian dikembangkan menjadi usulan teknis yang paling optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

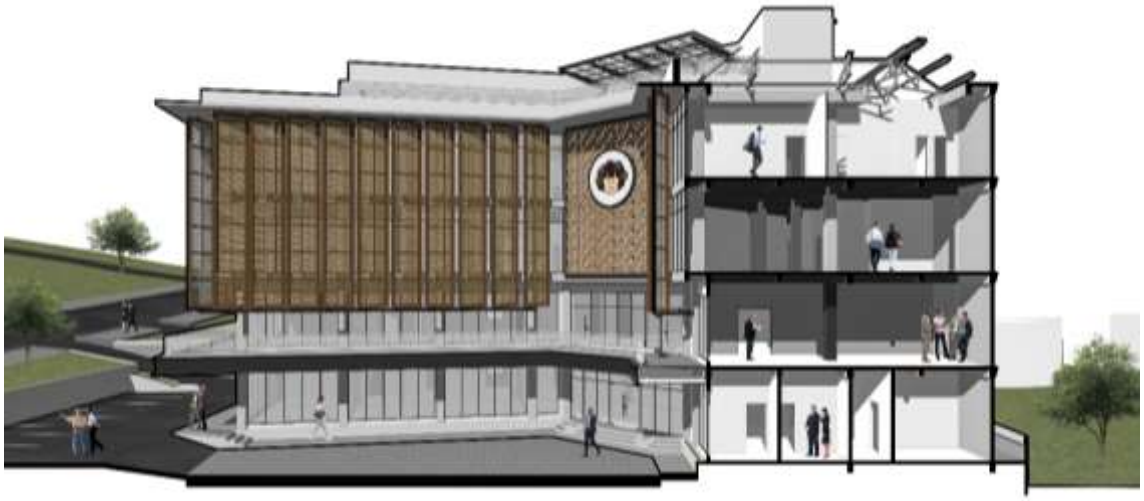
Identifikasi Target Optimasi Berdasarkan Analisis Biaya dan Fungsi.

Langkah fundamental dalam proses VE adalah memahami desain awal dan mengidentifikasi area yang paling signifikan untuk dioptimalkan. Objek studi merupakan sebuah gedung perkantoran 5 lantai ditambah area atap (rooftop). Visualisasi tampak depan bangunan yang menjadi acuan utama disajikan pada Gambar 1, yang secara jelas menonjolkan penggunaan secondary skin sebagai elemen arsitektur dominan.



Gambar 1. Tampak Depan Objek Studi

Pemahaman menyeluruh tentang skala bangunan, tata ruang vertikal, dan hubungan fasad dengan interior dapat dilihat melalui gambar potongan perspektif pada Gambar 2. Berdasarkan analisis dokumen perancangan, tim menyusun model biaya awal guna memetakan alokasi anggaran pada pekerjaan arsitektur. Tujuannya adalah menerapkan Prinsip Pareto (80/20), di mana fokus diletakkan pada beberapa elemen kunci yang menyerap porsi biaya terbesar.



Gambar 2. Potongan perspektif yang menunjukkan organisasi ruang dan fasad

Hasil pemodelan biaya disajikan pada Tabel 1. Tiga kategori pekerjaan—Fasad, Penutup Lantai, dan Partisi Internal—diidentifikasi sebagai target prioritas karena merepresentasikan hampir separuh dari total biaya arsitektur.

Tabel 1. Model Rinci dan Prioritas Biaya Pekerjaan Arsitektur

Kode	Kategori Pekerjaan	Estimasi Biaya (dari lingkup Arsitektur)	Prioritas Analisis VE	Keterangan
AR-01	Pekerjaan Fasad & Dinding Luar	22%	Sangat Tinggi (Target 1)	Meliputi *secondary skin*, dinding, dan pelapis eksterior. Komponen paling dominan secara visual dan biaya.
AR-02	Pekerjaan Penutup Lantai	15%	Tinggi (Target 2)	Asumsi material premium di area publik dengan volume signifikan.
AR-03	Pekerjaan Dinding Internal & Partisi	12%	Medium (Target 3)	Volume besar, berpengaruh pada kecepatan konstruksi dan fleksibilitas ruang.
AR-04	Pekerjaan Plafon	8%	Rendah	Kombinasi gipsum dan akustik. Biaya relatif standar.
AR-05	Pekerjaan Pintu, Jendela, & Kusen	7%	Rendah	Meliputi kaca fasad utama dan pintu interior.
AR-06	Lain-lain (Atap, Railing, Sanitair)	6%	Rendah	Item-item pelengkap dengan biaya tersebar.
—	**Total Item Prioritas**	**49%**	—	Ketiga target utama ini merepresentasikan hampir separuh dari total biaya arsitektur.

Berdasarkan Tabel 3.1, tiga kategori pekerjaan—Fasad, Penutup Lantai, dan Partisi Internal—diidentifikasi sebagai target prioritas. Khusus untuk fasad secondary skin yang menjadi elemen paling ikonik, analisis fungsi mendalam dilakukan untuk memastikan alternatif yang diusulkan tetap memenuhi tujuan esensialnya, yaitu mengontrol sinar matahari dan menjamin estetika untuk meningkatkan citra perusahaan.

Analisis Kuantitatif dan Komparatif Alternatif VE

Setelah target ditetapkan, proses dilanjutkan dengan pengembangan dan analisis kuantitatif terhadap alternatif-alternatif yang berpotensi memberikan nilai lebih baik.

Optimasi Fasad Secondary Skin (Target VE-01)

Elemen fasad lapis kedua ini diaplikasikan secara ekstensif tidak hanya pada tampak depan, tetapi juga pada sisi bangunan lainnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Aplikasi masif inilah yang menjadi dasar estimasi volume pekerjaan fasad mencapai 650 m², yang kemudian dianalisis secara rinci pada Tabel 2.



Gambar 3. Tampak Sisi Bangunan

Tabel 2. Analisis komparatif detail untuk alternatif fasad secondary skin

Parameter Analisis	Desain Awal (Kayu Solid: Ulin/Merbau)	Alternatif VE-1 (GRC Motif Kayu)	Alternatif VE-2 (*Expanded Metal*)
A. Rincian Biaya per m²			
– Material & Fabrikasi	Rp 2.800.000,-	Rp 1.500.000,-	Rp 950.000,-
– Rangka & Pemasangan	Rp 700.000,-	Rp 450.000,-	Rp 300.000,-
Total Biaya Terpasang / m²	**Rp 3.500.000,-**	**Rp 1.950.000,-**	**Rp 1.250.000,-**
B. Kalkulasi Biaya Proyek			
– Total Biaya (650 m²)	Rp 2.275.000.000,-	Rp 1.267.500.000,-	Rp 812.500.000,-
– Potensi Efisiensi Biaya	*Baseline*	Rp 1.007.500.000,- (**44.3%**)	Rp 1.462.500.000,-(**64.3%**)
C. Aspek Kinerja & Keberlanjutan			
– Estimasi Waktu Pelaksanaan	120 Hari	80 Hari	60 Hari
– Perawatan Jangka Panjang	Tinggi(coating ulang, risiko lapuk)	Rendah(cukup pembersihan)	Sangat Rendah
– Bobot Material	Berat	Sedang	Sangat Ringan
– Resistensi Api	Rendah	Tinggi (*Non-combustible*)	Tinggi (*Non-combustible*)
D. Rekomendasi Akhir		**Sangat Direkomendasikan**	Direkomendasikan jika ada perubahan konsep ke gaya industrial/modern

Berdasarkan perbandingan pada Tabel 2, alternatif penggunaan *Glassfibre Reinforced Concrete* (GRC) Motif Kayu menonjol sebagai solusi paling seimbang. Alternatif ini menawarkan penghematan biaya awal yang luar biasa (lebih dari Rp 1 Miliar) sekaligus memberikan nilai tambah berupa durabilitas superior dan biaya perawatan jangka panjang yang jauh lebih rendah.

Efisiensi Penutup Lantai Area Utama (Target VE-02)

Area publik seluas 400 m², asumsi penggunaan marmer impor menjadi target berikutnya. Alternatif yang diusulkan adalah pemanfaatan sumber daya lokal berkualitas tinggi, dengan perbandingan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis komparatif detail untuk alternatif lantai area utama

Parameter Analisis	Desain Awal (Marmer Impor - Slab)	Alternatif VE (Granit Lokal - Kualitas 1)
A. Rincian Biaya per m²		
– Material(termasuk logistik impor)	Rp 3.500.000,-	Rp 1.200.000,-
– Upah Pasang & Finishing	Rp 500.000,-	Rp 350.000,-
Total Biaya Terpasang / m²	**Rp 4.000.000,-**	**Rp 1.550.000,-**
B. Kalkulasi Biaya Proyek		
– Total Biaya (400 m²)	Rp 1.600.000.000,-	Rp 620.000.000,-
– Potensi Efisiensi Biaya	*Baseline*	Rp 980.000.000,- (**61,25%**)
C. Aspek Waktu & Keberlanjutan		
– Waktu Pengadaan (*Lead Time*)	12 – 16 Minggu	2 – 4 Minggu
– Jejak Karbon (*Transportasi*)	Sangat Tinggi	Rendah
– Dukungan Industri Lokal	Rendah	Tinggi
D. Rekomendasi Akhir		**Sangat Direkomendasikan**

Hasil analisis pada Tabel 3 menunjukkan bahwa substitusi ke granit lokal tidak hanya memberikan efisiensi biaya yang masif, tetapi juga secara signifikan mempercepat jadwal proyek dan mendukung prinsip keberlanjutan.

Rekomendasi dan Dampak Finansial Total

Berdarkan hitungan dan mengonsolidasikan hasil analisis, dampak finansial kumulatif dari penerapan VE dapat diukur. Sesuai tabel 4 menyajikan ringkasan akhir dari potensi penghematan

Tabel 4. Final potensi efisiensi biaya dari rekomendasi VE

Kode Target	Item Pekerjaan	Biaya Desain Awal(Estimasi)	Biaya Setelah Usulan VE	Potensi Penghematan Biaya
VE-01	Fasad *Secondary Skin*	Rp 2.275.000.000,-	Rp 1.267.500.000,-	Rp 1.007.500.000,-
VE-02	Lantai Area Utama	Rp 1.600.000.000,-	Rp 620.000.000,-	Rp 980.000.000,-
VE-03	Dinding Partisi	Rp 540.000.000,-	Rp 480.000.000,-	Rp 60.000.000,-
—	**TOTAL**	**Rp 4.415.000.000,-**	**Rp 2.367.500.000,-**	**Rp 2.047.500.000,-**

Secara agregat, penerapan rekomendasi VE pada tiga item prioritas saja mampu menghasilkan potensi penghematan biaya konstruksi awal lebih dari Rp 2 Miliar. Temuan ini secara fundamental mengubah paradigma *Value Engineering* dari sekadar *cost cutting* menjadi instrumen alokasi ulang nilai (*value re-allocation*), di mana penghematan dapat diinvestasikan kembali untuk meningkatkan aspek teknologi atau keberlanjutan jangka panjang. Secara lebih spesifik, pembahasan ini secara langsung menjawab kesenjangan penelitian yang ada. Pertama, hasil penelitian ini secara empiris membuktikan bahwa efektivitas tertinggi VE tercapai ketika diterapkan secara proaktif pada tahap desain, bukan sebagai tindakan reaktif untuk memangkas biaya di tahap akhir. Sama halnya seperti manajemen tanggap darurat (ERM) yang keberhasilannya bergantung pada kesiapan dan perencanaan terstruktur untuk mencegah bencana, VE berfungsi sebagai sistem preventif untuk mencegah bencana proyek seperti pembengkakan biaya [14]. Kurangnya penerapan yang sistematis dan terstruktur inilah, baik dalam VE maupun ERM, yang menjadi penghalang utama efektivitasnya di lapangan, seringkali karena minimnya pelatihan dan prosedur yang jelas [15].

Kedua, proses VE yang berbasis data objektif terbukti mampu menjembatani jurang kolaborasi antara tim perancang dan tim pelaksana. Perdebatan subjektif mengenai estetika dan biaya dapat ditransformasikan menjadi diskusi produktif ketika data komparatif dari Tabel 2 dan 3 disajikan sebagai landasan bersama. Ini sejalan dengan pentingnya komitmen manajemen dan keterlibatan aktif berbagai pihak dalam membentuk tim khusus yang solid, seperti tim tanggap darurat [16–18], di mana dalam konteks ini adalah tim proyek yang terintegrasi. Terakhir, Penelitian ini secara konklusif menunjukkan adanya sinergi yang kuat antara tujuan efisiensi biaya VE dengan prinsip keberlanjutan, membantah persepsi bahwa keduanya saling bertentangan. Keputusan untuk beralih ke granit lokal dan GRC adalah kemenangan ganda: efisiensi biaya awal yang masif sekaligus peningkatan nilai keberlanjutan melalui penurunan jejak karbon dan peningkatan durabilitas. Hal ini menegaskan bahwa VE, layaknya ERM, bukan hanya sekadar pemenuhan kewajiban, melainkan sebuah kebutuhan strategis untuk membangun proyek yang bernilai tinggi, aman, dan dapat dipercaya oleh publik [16, 17]

4. KESIMPULAN

Penerapan Value Engineering (VE) pada tahap desain secara terbukti merupakan instrumen yang sangat efektif dan strategis untuk mencapai efisiensi biaya dan waktu dalam proyek arsitektur berkelanjutan. Keunggulan utama dari metodologi ini terletak pada kemampuannya untuk menciptakan sinergi, mengubah potensi konflik antara tujuan ekonomi (efisiensi biaya) dan tujuan

ekologi (prinsip keberlanjutan) menjadi solusi bernilai tambah yang terukur. Dampak dari penelitian ini memiliki makna ganda. Secara teoretis, studi ini memperkuat paradigma VE sebagai metodologi optimasi nilai yang holistik, bukan sekadar pemangkasan biaya, sekaligus membantah miskonsepsi bahwa VE bertentangan dengan prinsip keberlanjutan. Secara praktis, penelitian ini menyediakan model kerja kolaboratif bagi arsitek dan manajer konstruksi, menunjukkan bahwa analisis kuantitatif dapat menjadi jembatan objektif untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dan mitigasi risiko proyek sejak dini. Keterbatasan penelitian ini terletak pada cakupan data yang berfokus pada studi kasus tunggal dengan biaya estimasi. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya, direkomendasikan untuk melakukan studi komparatif pada beberapa proyek yang telah terbangun guna memvalidasi temuan secara empiris dan mengidentifikasi tantangan implementasi pada tingkat operasional..

DAFTAR PUSTAKA

[1] P. E. D. Love, L. A. Ika, and J. K. Pinto, "Smart heuristics for decision-making in the 'wild': Navigating cost uncertainty in the construction of large-scale transport projects," *Prod. Plan. Control*, vol. 35, no. 16, pp. 2286–2303, Dec. 2024, doi: 10.1080/09537287.2023.2248942.

[2] S. Famiyeh, C. T. Amoatey, E. Adaku, and C. S. Agbenohevi, "Major causes of construction time and cost overruns," *J. Eng. Des. Technol.*, vol. 15, no. 2, pp. 181–198, Apr. 2017, doi: 10.1108/JEDT-11-2015-0075.

[3] S. O. Khalifaturofi'ah and R. Setiawan, "Profitability's impact on firm value in Indonesia's real estate firms: a panel data investigation," *Prop. Manag.*, vol. 43, no. 2, pp. 169–186, Mar. 2025, doi: 10.1108/PM-08-2023-0082.

[4] A. C. Toochukwu, "Sustainable Construction Practices: Balancing Cost Efficiency, Environmental Impact, and Stakeholder Collaboration," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, vol. 7, no. 1, Apr. 2025, doi: 10.56726/IRJMETS66703.

[5] T. D. Moshood, J. O. Rotimi, and W. Shahzad, "Enhancing sustainability considerations in construction industry projects," *Environ. Dev. Sustain.*, Apr. 2024, doi: 10.1007/s10668-024-04946-2.

[6] A. M. Khan, W. S. Alaloul, and M. A. Musarat, "A critical review of digital value engineering in building design towards automated construction," *Environ. Dev. Sustain.*, Nov. 2024, doi: 10.1007/s10668-024-05595-1.

[7] E. Nejatyan, H. Sarvari, S. A. Hosseini, and H. Javanshir, "Deploying Value Engineering Strategies for Ameliorating Construction Project Management Performance: A Delphi-SWARA Study Approach," *Buildings*, vol. 14, no. 8, p. 2291, Jul. 2024, doi: 10.3390/buildings14082291.

[8] E. M. H. Ismaeil, "Sustainability-Based Value Engineering Management as an Integrated Approach to Construction Projects," *Buildings*, vol. 14, no. 4, p. 903, Mar. 2024, doi: 10.3390/buildings14040903.

[9] A. Ibrahim, T. Zayed, and Z. Lafhaj, "Enhancing Construction Performance: A Critical Review of Performance Measurement Practices at the Project Level," *Buildings*, vol. 14, no. 7, p. 1988, Jul. 2024, doi: 10.3390/buildings14071988.

[10] I. C. Osuizugbo, M. M. Omer, R. A. Rahman, and O. S. Oshodi, "A systematic search and

review of early contractor involvement in construction project development," *Built Environ. Proj. Asset Manag.*, vol. 14, no. 6, pp. 835–857, Oct. 2024, doi: 10.1108/BEPAM-01-2024-0012.

[11] D. Aldenhoff and B.-M. Kurzrock, "A modular framework for a dynamic residential building stock model with energy retrofit forecasts," *Energy Effic.*, vol. 17, no. 2, p. 11, Feb. 2024, doi: 10.1007/s12053-024-10189-x.

[12] T. M. Bachmann, J. van der Kamp, M. Bianchi, H. Pihkola, and M. Saavedra del Oso, "Life cycle costing as part of a life cycle sustainability assessment of products: methodology and case studies," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 29, no. 10, pp. 1863–1879, Oct. 2024, doi: 10.1007/s11367-024-02347-1.

[13] F. Ascione, G. Maselli, and A. Nesticò, "Sustainable materials selection in industrial construction: A life-cycle based approach to compare the economic and structural performances of glass fibre reinforced polymer (GFRP) and steel," *J. Clean. Prod.*, vol. 475, p. 143641, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.143641.

[14] J.-H. Cho, Y.-S. Shin, J.-J. Kim, and B.-S. Kim, "Exploring Cost Variability and Risk Management Optimization in Natural Disaster Prevention Projects," *Buildings*, vol. 14, no. 2, p. 391, Feb. 2024, doi: 10.3390/buildings14020391.

[15] S. Chen, C. Wang, and K. Yan, "Assessing Project Resilience Through Reference Class Forecasting and Radial Basis Function Neural Network," *Appl. Sci.*, vol. 14, no. 22, p. 10433, Nov. 2024, doi: 10.3390/app142210433.

[16] V. M. Cvetković, J. Tanasić, R. Renner, V. Rokvić, and H. Beriša, "Comprehensive Risk Analysis of Emergency Medical Response Systems in Serbian Healthcare: Assessing Systemic Vulnerabilities in Disaster Preparedness and Response," *Healthcare*, vol. 12, no. 19, p. 1962, Oct. 2024, doi: 10.3390/healthcare12191962.

[17] T. K. I. Adham and A. Sukkar, "Effective Management of Construction Project Team: Identifying Leadership Qualities and Responsibilities," *Sch. J. Econ. Bus. Manag.*, vol. 11, no. 02, pp. 63–73, Feb. 2024, doi: 10.36347/sjebm.2024.v11i02.003.

[18] M. S. A. Elforgani, A. A. N. Alabsi, and A. Alwarafi, "Strategic Approaches to Design Teams for Construction Quality Management and Green Building Performance," *Buildings*, vol. 14, no. 7, p. 2020, Jul. 2024, doi: 10.3390/buildings14072020.