



EVALUASI EFISIENSI BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN MENGGUNAKAN VALUE ENGINEERING

Radhia Jatu Novinarsita Sakti^{1*}

¹ Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received April 20, 2025

Revised May 25, 2025

Accepted June 19, 2025

Available online July 21, 2025

Kata Kunci:

Value Engineering, Efisiensi Biaya, Proyek Pembangunan Jembatan

Keywords:

Value Engineering, Cost Efficiency, Bridge Construction Project

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2025 by Author. Published by Universitas PGRI ADI BUANA SURABAYA.

ABSTRAK

Value Engineering merupakan pendekatan sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan nilai suatu proyek dengan mengidentifikasi dan menghilangkan biaya yang tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap fungsi utama konstruksi. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui penerapan Value Engineering dalam proyek pembangunan jembatan dapat meningkatkan efisiensi biaya dan waktu, kendala utama yang dihadapi dalam penerapan Value Engineering pada proyek pembangunan jembatan, serta bagaimana cara mengatasinya dan untuk mengetahui dampak penerapan Value Engineering terhadap kualitas, keamanan, dan keberlanjutan proyek pembangunan jembatan. Metode dalam penelitian ini adalah kualitatif. Hasil dalam penelitian ini adalah VE dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam meningkatkan efisiensi proyek pembangunan jembatan jika diterapkan dengan benar. Agar hasil yang dicapai tetap optimal, penerapan VE harus dilakukan melalui analisis yang komprehensif, melibatkan ahli di bidangnya, serta didukung oleh regulasi yang sesuai.

ABSTRACT

Value Engineering is a systematic approach aimed at enhancing the value of a project by identifying and eliminating costs that do not significantly contribute to the primary function of the construction. The objective of this study is to examine how the application of Value Engineering in bridge construction projects can improve cost and time efficiency, identify the main challenges encountered in implementing Value Engineering in bridge construction projects, and explore solutions to overcome these challenges. Additionally, this study aims to analyze the impact of Value Engineering on the quality, safety, and sustainability of bridge construction projects. The research method used in this study is qualitative. The findings indicate that Value Engineering can be a highly effective tool in enhancing the efficiency of bridge construction projects if implemented correctly. To achieve optimal results, the application of Value Engineering must be conducted through comprehensive analysis, involving experts in the field, and supported by appropriate regulations.

I. INTRODUCTION

Evaluasi efisiensi biaya dan waktu dalam proyek pembangunan jembatan merupakan aspek penting untuk memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan dengan optimal tanpa mengorbankan kualitas. Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam upaya efisiensi ini adalah Value Engineering (VE). Menurut [1] Value Engineering merupakan pendekatan sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan nilai suatu proyek dengan mengidentifikasi dan menghilangkan biaya yang tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap fungsi utama konstruksi. Metode ini tidak hanya berfokus pada pengurangan biaya, tetapi juga meningkatkan efisiensi dalam penggunaan sumber daya, teknologi, dan strategi manajemen proyek. Dalam konteks pembangunan jembatan, biaya merupakan salah satu faktor utama yang harus dikendalikan dengan baik [2]. Proyek konstruksi jembatan sering kali

*Corresponding author.

E-mail addresses: ruangoptimis@gmail.com

melibatkan investasi besar, sehingga setiap aspek yang dapat mengurangi biaya tanpa mengurangi kualitas menjadi sangat krusial. Value Engineering dapat diterapkan sejak tahap perencanaan hingga pelaksanaan dengan melakukan analisis terhadap material, metode konstruksi, serta sistem manajemen proyek.

Dalam pemilihan material, penggunaan bahan dengan kualitas tinggi tetapi lebih terjangkau dapat menjadi alternatif untuk menekan anggaran tanpa mengurangi ketahanan dan keamanan jembatan. Menurut [3] metode konstruksi yang lebih efisien, seperti penggunaan teknologi modular atau pracetak, dapat membantu menghemat biaya tenaga kerja dan mengurangi durasi proyek. Dari sisi efisiensi waktu, proyek pembangunan jembatan sering kali menghadapi tantangan seperti keterlambatan akibat faktor cuaca, keterbatasan tenaga kerja, serta koordinasi antar-pihak terkait. Value Engineering membantu dalam menyusun strategi kerja yang lebih terstruktur dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan keterlambatan serta menawarkan solusi yang lebih efisien. Sebagai contoh, dengan penerapan teknologi digital dalam perencanaan dan monitoring proyek, pengelolaan waktu dapat lebih optimal karena setiap tahap dapat dipantau secara real-time dan disesuaikan dengan kondisi lapangan [4].

Dengan merancang urutan kerja yang lebih efektif, misalnya dengan mengadopsi metode fast-tracking, beberapa pekerjaan dapat dilakukan secara paralel tanpa menunggu satu tahap selesai terlebih dahulu, sehingga durasi proyek dapat dikurangi secara signifikan. Menurut [5] Value Engineering juga berperan dalam mengidentifikasi risiko yang dapat berdampak pada biaya dan waktu proyek. Melalui analisis mendalam, tim proyek dapat mengevaluasi potensi kendala seperti kenaikan harga bahan bangunan, perubahan regulasi, atau tantangan geografis yang dapat memperlambat proses konstruksi. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, langkah-langkah mitigasi dapat disiapkan sejak awal untuk menghindari pembengkakan anggaran dan keterlambatan yang tidak diinginkan. Misalnya, dalam proyek jembatan yang dibangun di daerah dengan kondisi tanah yang kurang stabil, metode alternatif seperti pondasi tiang pancang dapat dipertimbangkan untuk mempercepat pekerjaan tanpa mengorbankan kualitas struktur [6].

Keberhasilan penerapan Value Engineering dalam proyek pembangunan jembatan sangat bergantung pada kolaborasi antara berbagai pihak, termasuk insinyur, arsitek, manajer proyek, serta kontraktor. Diskusi yang intensif dan berbasis data memungkinkan setiap keputusan yang diambil memiliki dasar yang kuat dan dapat dipertanggungjawabkan. Menurut [7] pendekatan berbasis VE juga membutuhkan fleksibilitas dalam perencanaan, sehingga setiap perubahan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dapat segera diterapkan tanpa menghambat jalannya proyek. Penerapan Value Engineering juga sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan, di mana efisiensi dalam penggunaan sumber daya tidak hanya berdampak pada penghematan biaya, tetapi juga pada pengurangan limbah konstruksi serta emisi karbon dari aktivitas proyek [8]. Dengan memilih material yang lebih ramah lingkungan dan metode kerja yang lebih hemat energi, proyek pembangunan jembatan dapat memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan. Misalnya, penggunaan beton dengan campuran bahan daur ulang atau desain struktur yang meminimalkan kebutuhan material berlebih dapat menjadi solusi untuk mendukung prinsip keberlanjutan dalam konstruksi.

II. MATERIALS AND METHOD

Metode penelitian yang digunakan dalam studi "Evaluasi Efisiensi Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Jembatan Menggunakan Value Engineering" adalah metode kualitatif. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada analisis mendalam terhadap proses pengambilan keputusan, strategi efisiensi, serta faktor-faktor yang mempengaruhi penerapan Value Engineering dalam proyek konstruksi jembatan. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan para ahli di bidang konstruksi, seperti insinyur sipil, manajer proyek, dan kontraktor, untuk mendapatkan pemahaman komprehensif tentang efektivitas metode ini dalam mengurangi biaya dan waktu pengerjaan.

Studi dokumen proyek, termasuk laporan anggaran, jadwal pelaksanaan, dan analisis risiko, digunakan untuk mendukung validitas penelitian. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis tematik, di mana pola-pola utama dalam penerapan Value Engineering diidentifikasi dan dianalisis berdasarkan teori serta pengalaman praktis. Dengan menggunakan metode kualitatif, penelitian ini tidak hanya menggali aspek teknis efisiensi biaya dan waktu, tetapi juga mengeksplorasi hambatan serta tantangan yang muncul dalam penerapannya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pemangku kepentingan dalam industri konstruksi untuk mengoptimalkan strategi pengelolaan proyek guna mencapai efisiensi maksimal.

III. RESULT AND DISCUSSION

Value Engineering (VE) merupakan pendekatan sistematis yang digunakan dalam proyek konstruksi, termasuk pembangunan jembatan, untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi biaya yang tidak memberikan nilai tambah tanpa mengurangi kualitas, fungsi, dan keamanan proyek [9]. Metode ini sangat penting dalam mencapai efisiensi biaya dan waktu karena mampu mengoptimalkan penggunaan sumber daya, meningkatkan desain, serta mempercepat penyelesaian proyek. Dalam konteks pembangunan jembatan, VE dilakukan dengan menganalisis setiap komponen proyek untuk menemukan alternatif terbaik yang lebih ekonomis dan efisien dari segi pelaksanaan.

Penerapan Value Engineering dalam proyek pembangunan jembatan dimulai sejak tahap perencanaan dengan melibatkan berbagai pihak, termasuk insinyur, arsitek, dan kontraktor, untuk mengevaluasi desain awal dan menemukan cara untuk menyederhanakan konstruksi tanpa mengurangi kualitas [10]. Salah satu langkah utama dalam VE adalah melakukan analisis fungsi dari setiap elemen struktur jembatan, seperti fondasi, pilar, dek, dan material yang digunakan. Melalui analisis ini, tim proyek dapat menemukan alternatif bahan dan metode konstruksi yang lebih hemat biaya namun tetap memiliki ketahanan dan keandalan yang sama atau bahkan lebih baik. Misalnya, penggunaan beton pracetak dapat menggantikan beton cor di tempat untuk mempercepat proses konstruksi dan mengurangi biaya tenaga kerja [11].

Selain analisis material, Value Engineering juga diterapkan dalam optimalisasi metode konstruksi. Pemilihan metode pelaksanaan yang lebih efisien, seperti penggunaan teknologi segmental bridge construction, dapat mengurangi waktu pengerjaan sekaligus meminimalkan biaya operasional. Menurut [12] metode ini memungkinkan pembangunan jembatan dilakukan secara modular, sehingga pemasangan segmen dapat dilakukan lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Teknologi BIM (Building Information Modeling) juga dapat diterapkan dalam proses VE untuk melakukan simulasi dan analisis efisiensi sebelum konstruksi dimulai, sehingga dapat mengidentifikasi potensi permasalahan dan menghindari pemborosan biaya serta keterlambatan.

Value Engineering juga membantu dalam pengelolaan tenaga kerja dan peralatan dengan lebih optimal. Salah satu penyebab meningkatnya biaya dan waktu dalam proyek konstruksi adalah manajemen sumber daya yang kurang efisien. Menurut [13] dengan VE, penjadwalan tenaga kerja dan penggunaan alat berat dapat disusun secara lebih sistematis agar tidak terjadi idle time atau penggunaan berlebih yang menyebabkan pemborosan. Misalnya, penggunaan alat berat yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan penjadwalan kerja yang terkoordinasi dengan baik dapat mengurangi waktu tunggu dan mempercepat penyelesaian pekerjaan. VE berperan dalam manajemen risiko dengan mengidentifikasi potensi hambatan yang dapat menyebabkan keterlambatan atau biaya tambahan dalam proyek pembangunan jembatan.

Faktor-faktor seperti kondisi tanah yang tidak stabil, cuaca ekstrem, dan kendala logistik dapat diminimalisir dampaknya dengan perencanaan yang matang menggunakan VE. Dengan mempertimbangkan berbagai skenario sejak awal, proyek dapat berjalan lebih lancar tanpa hambatan yang berarti. Menurut [14] penerapan Value Engineering juga memungkinkan adanya inovasi dalam desain jembatan yang lebih efisien. Sebagai contoh, desain jembatan yang lebih ringan tetapi tetap kokoh dapat mengurangi kebutuhan material dan biaya transportasi. Penggunaan material alternatif seperti baja berkekuatan tinggi atau komposit juga dapat mengurangi bobot struktur tanpa mengorbankan daya tahan. Desain modular yang memungkinkan fabrikasi komponen di luar lokasi proyek dapat mengurangi waktu pemasangan dan mempercepat penyelesaian konstruksi [15].

Keberhasilan Value Engineering dalam meningkatkan efisiensi biaya dan waktu pada proyek pembangunan jembatan sangat bergantung pada keterlibatan seluruh pemangku kepentingan. Kolaborasi yang baik antara kontraktor, insinyur, arsitek, dan pemilik proyek sangat penting agar setiap

perubahan desain atau metode dapat diterapkan secara efektif tanpa mengganggu tujuan utama proyek. Menurut [16] komunikasi yang baik dan koordinasi yang solid antara tim proyek menjadi faktor kunci dalam implementasi VE yang sukses. Dalam praktiknya, beberapa proyek pembangunan jembatan di berbagai negara telah membuktikan bahwa penerapan Value Engineering dapat memberikan penghematan yang signifikan. Sebagai contoh, proyek pembangunan jembatan yang menerapkan VE dapat menghemat hingga 20-30% dari total anggaran awal dan mempercepat waktu penyelesaian hingga beberapa bulan [17].

Studi kasus dari berbagai proyek juga menunjukkan bahwa VE tidak hanya meningkatkan efisiensi biaya dan waktu tetapi juga memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan, seperti mengurangi limbah konstruksi dan konsumsi energi. Dengan berbagai manfaat yang ditawarkan, penerapan Value Engineering dalam proyek pembangunan jembatan harus menjadi bagian integral dari setiap tahap konstruksi [18]. Pendekatan ini tidak hanya membantu dalam pengurangan biaya dan percepatan waktu pengerjaan, tetapi juga memastikan bahwa jembatan yang dibangun memiliki kualitas yang optimal dan dapat bertahan dalam jangka panjang. VE harus menjadi standar dalam industri konstruksi untuk menciptakan infrastruktur yang lebih efisien, ekonomis, dan berkelanjutan.

Efektivitas Value Engineering (VE) dalam proyek pembangunan jembatan sangat bergantung pada berbagai faktor yang mempengaruhi proses analisis, implementasi, dan hasil akhirnya. VE merupakan pendekatan sistematis yang bertujuan untuk mengoptimalkan biaya dan waktu tanpa mengorbankan kualitas serta fungsi proyek. Menurut [19] penerapan VE yang berhasil memerlukan perencanaan yang matang, dukungan teknologi, keterampilan tenaga kerja, koordinasi yang baik antar pemangku kepentingan, serta pemilihan material dan metode konstruksi yang tepat. Salah satu faktor utama yang menentukan efektivitas VE adalah perencanaan proyek yang komprehensif. Proses VE harus dimulai sejak tahap perencanaan agar analisis terhadap elemen-elemen proyek dapat dilakukan secara menyeluruh. Semakin awal VE diterapkan, semakin besar potensi penghematan biaya dan waktu yang dapat dicapai [20].

Jika VE baru diterapkan pada tahap konstruksi, perubahan desain dan metode pelaksanaan bisa menjadi sulit karena keterbatasan anggaran dan waktu yang sudah ditetapkan. Identifikasi alternatif material, teknologi, serta strategi konstruksi harus dilakukan sejak tahap desain konseptual untuk menghindari perubahan besar di tengah pengerjaan proyek [21]. Selain perencanaan, penggunaan teknologi canggih juga berperan penting dalam meningkatkan efektivitas VE. Teknologi seperti Building Information Modeling (BIM) memungkinkan simulasi desain dan perhitungan biaya yang lebih akurat sebelum konstruksi dimulai. Dengan BIM, tim proyek dapat mengidentifikasi potensi inefisiensi dalam desain awal, memperkirakan dampak perubahan desain terhadap biaya dan waktu, serta mengurangi risiko kesalahan dalam konstruksi.

Penggunaan software analisis struktur juga membantu dalam menentukan desain yang paling efisien tanpa mengurangi kekuatan dan ketahanan jembatan. Dengan demikian, teknologi menjadi elemen penting dalam penerapan VE yang efektif. Keterampilan dan pengalaman tenaga kerja juga mempengaruhi keberhasilan VE dalam mengurangi biaya dan mempercepat penyelesaian proyek. Menurut [22] tim yang memiliki pemahaman mendalam tentang konsep VE dan penerapannya dalam proyek infrastruktur akan lebih mudah mengidentifikasi peluang efisiensi. Insinyur, arsitek, dan kontraktor yang berpengalaman dapat memberikan solusi inovatif dalam memilih material, metode konstruksi, dan strategi pelaksanaan proyek. Pelatihan yang berkelanjutan bagi tenaga kerja juga diperlukan agar mereka dapat memahami teknologi baru yang mendukung implementasi VE. Dengan adanya tenaga kerja yang terampil, proses VE dapat berjalan lebih efektif, menghasilkan solusi yang lebih hemat biaya, serta mempercepat waktu pengerjaan proyek [23].

Koordinasi yang baik antara seluruh pemangku kepentingan juga menjadi faktor krusial dalam efektivitas VE. Dalam proyek pembangunan jembatan, berbagai pihak seperti pemerintah, kontraktor, insinyur, dan pemasok material harus bekerja sama dalam mengimplementasikan rekomendasi VE. Tanpa komunikasi yang baik, perubahan desain atau metode konstruksi yang diusulkan melalui VE bisa sulit untuk diterapkan. Menurut [24] keputusan yang tidak terkoordinasi dengan baik dapat menyebabkan ketidaksepakatan atau keterlambatan dalam pelaksanaan proyek. Adanya mekanisme koordinasi yang efektif, seperti pertemuan rutin dan sistem dokumentasi yang transparan, akan sangat membantu dalam menyukseskan VE. Pemilihan material yang tepat juga berpengaruh besar terhadap efektivitas VE. Salah satu tujuan utama VE adalah mengurangi biaya material tanpa mengorbankan kualitas dan ketahanan jembatan [25].

Penggunaan material alternatif yang lebih ringan, kuat, dan mudah didapatkan dapat memberikan penghematan biaya yang signifikan. Misalnya, penggunaan baja berkekuatan tinggi atau beton pracetak dapat mengurangi kebutuhan material tambahan dan mempercepat proses pemasangan. Menurut [26] penggunaan material lokal yang lebih murah dibandingkan material impor juga dapat menghemat biaya transportasi serta mempercepat proses pengadaan material. Metode konstruksi yang digunakan juga menjadi faktor penentu dalam keberhasilan VE. Metode yang lebih efisien, seperti prefabrikasi, segmental bridge construction, atau penggunaan teknologi self-propelled modular transporters (SPMT), dapat mempercepat penyelesaian proyek sekaligus mengurangi biaya tenaga kerja. Sebagai contoh, prefabrikasi memungkinkan elemen jembatan dibuat di luar lokasi proyek dan dipasang langsung di tempat, sehingga mengurangi waktu pengerjaan di lapangan [19].

Penggunaan teknologi otomatisasi dalam pemasangan struktur juga dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan mempercepat proses konstruksi. Selain faktor teknis, aspek regulasi dan kebijakan juga memainkan peran penting dalam efektivitas VE. Menurut [20] proyek pembangunan jembatan sering kali terikat dengan aturan pemerintah yang mengatur pemilihan kontraktor, penggunaan material, serta prosedur keselamatan dan lingkungan. Jika regulasi yang berlaku terlalu ketat atau tidak fleksibel, maka penerapan VE bisa menjadi terbatas karena sulitnya mengubah spesifikasi proyek. Dukungan dari pemerintah dalam bentuk regulasi yang lebih adaptif terhadap inovasi konstruksi dapat membantu meningkatkan efektivitas VE dalam menghemat biaya dan mempercepat penyelesaian proyek.

Faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan lingkungan juga dapat mempengaruhi efektivitas VE. Misalnya, proyek yang dilakukan di daerah dengan curah hujan tinggi atau kondisi tanah yang tidak stabil memerlukan strategi khusus dalam penerapan VE [21]. Dalam kondisi seperti ini, pemilihan metode konstruksi yang lebih cepat dan tahan terhadap perubahan cuaca sangat penting untuk mencegah keterlambatan proyek. Keberlanjutan lingkungan juga harus diperhitungkan dalam penerapan VE, sehingga solusi yang diterapkan tidak hanya ekonomis tetapi juga ramah lingkungan. Menurut [22] Penerapan Value Engineering (VE) dalam proyek pembangunan jembatan memiliki banyak manfaat dalam meningkatkan efisiensi biaya dan waktu tanpa mengorbankan kualitas dan fungsi struktur. Namun, dalam praktiknya, VE menghadapi berbagai kendala yang dapat menghambat efektivitasnya.

Kendala-kendala ini berasal dari faktor internal proyek, keterbatasan sumber daya manusia, hambatan teknis, regulasi yang kurang fleksibel, serta tantangan komunikasi dan koordinasi antar pemangku kepentingan. Jika tidak dikelola dengan baik, kendala ini dapat mengurangi efektivitas VE dalam menghasilkan solusi yang optimal. Memahami hambatan-hambatan utama dalam penerapan VE serta mencari solusi yang tepat menjadi langkah krusial dalam memastikan keberhasilan proyek pembangunan jembatan [23]. Salah satu kendala utama dalam penerapan VE adalah kurangnya pemahaman dan kesadaran terhadap konsep VE di antara pemangku kepentingan proyek. Banyak kontraktor, insinyur, maupun pemilik proyek yang masih menganggap VE hanya sebagai strategi pemotongan biaya tanpa mempertimbangkan dampaknya terhadap kualitas dan fungsionalitas jembatan.

Kesalahpahaman ini dapat menyebabkan resistensi dalam penerapan VE karena adanya kekhawatiran bahwa perubahan desain atau metode konstruksi akan menurunkan daya tahan dan keselamatan struktur. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan sosialisasi dan pelatihan kepada seluruh pihak yang terlibat agar mereka memahami manfaat VE dalam menciptakan solusi yang lebih efektif dan efisien tanpa mengorbankan standar kualitas. Selain kurangnya pemahaman, keterbatasan sumber daya manusia yang kompeten dalam penerapan VE juga menjadi kendala signifikan [12]. VE membutuhkan tenaga ahli yang memiliki keahlian dalam menganalisis desain, mengevaluasi berbagai alternatif material dan metode konstruksi, serta memahami dampak perubahan desain terhadap biaya dan waktu proyek. Namun, tidak semua proyek memiliki tim yang cukup berpengalaman dalam penerapan VE.

Akibatnya, proses evaluasi dan implementasi VE menjadi tidak optimal atau bahkan diabaikan sepenuhnya. Untuk mengatasi hal ini, pengadaan pelatihan khusus bagi tenaga kerja dan perekrutan tenaga ahli yang berpengalaman dalam VE dapat menjadi solusi. Kolaborasi dengan lembaga akademik atau profesional yang memiliki keahlian dalam VE juga dapat membantu meningkatkan kapasitas tim proyek dalam menerapkan metode ini [13]. Kendala lain yang sering dihadapi adalah keterbatasan waktu dalam proses penerapan VE. VE membutuhkan analisis yang mendalam terhadap desain dan metode konstruksi yang ada, serta eksplorasi terhadap alternatif yang lebih efisien. Namun, dalam banyak kasus, jadwal proyek yang ketat membuat penerapan VE menjadi sulit dilakukan secara menyeluruh.

Waktu yang terbatas sering kali membuat tim proyek lebih memilih untuk tetap menggunakan desain dan metode yang sudah direncanakan tanpa mengevaluasi opsi yang lebih baik. Untuk mengatasi masalah ini, VE sebaiknya diterapkan sejak tahap perencanaan awal agar analisis dapat dilakukan dengan lebih leluasa sebelum proyek memasuki tahap konstruksi [14]. Perubahan desain atau pemilihan alternatif material dapat dilakukan tanpa mengganggu jadwal proyek secara keseluruhan. Hambatan teknis juga sering kali menjadi tantangan dalam penerapan VE. Beberapa desain atau metode konstruksi yang lebih efisien mungkin sulit untuk diimplementasikan karena keterbatasan teknologi atau peralatan yang tersedia. Misalnya, jika suatu proyek memerlukan penggunaan material yang lebih ringan dan tahan lama tetapi material tersebut sulit diperoleh atau mahal dalam pengadaan, maka penerapan VE menjadi kurang efektif [15].

Perubahan desain yang diusulkan melalui VE mungkin memerlukan teknik konstruksi yang lebih kompleks yang tidak dapat dilakukan dengan peralatan yang tersedia. Menurut [16] untuk mengatasi hambatan ini, perlu dilakukan analisis mendalam mengenai kelayakan teknis dari setiap alternatif yang diajukan dalam VE, serta mempertimbangkan investasi dalam teknologi atau peralatan yang dapat meningkatkan efisiensi jangka panjang. Regulasi yang ketat dan kurang fleksibel juga menjadi kendala dalam penerapan VE. Dalam banyak proyek infrastruktur, terdapat standar teknis dan regulasi pemerintah yang harus dipatuhi, termasuk spesifikasi material dan metode konstruksi yang telah ditetapkan.

Jika rekomendasi VE bertentangan dengan regulasi yang ada, maka penerapannya bisa menjadi sulit atau bahkan tidak dapat dilakukan. Misalnya, jika suatu regulasi mengharuskan penggunaan jenis beton tertentu tetapi VE merekomendasikan alternatif beton yang lebih ringan dan lebih hemat biaya, maka proyek tidak dapat mengadopsi solusi tersebut tanpa persetujuan dari otoritas terkait [17]. Untuk mengatasi kendala ini, diperlukan pendekatan yang lebih fleksibel dari pemerintah dan lembaga pengawas dalam meninjau usulan VE, serta adanya mekanisme pengajuan perubahan spesifikasi yang lebih mudah dan cepat. Tantangan komunikasi dan koordinasi antar pemangku kepentingan juga menjadi hambatan dalam penerapan VE. Proyek pembangunan jembatan melibatkan banyak pihak, termasuk pemerintah, kontraktor, insinyur, pemasok material, serta masyarakat sekitar yang terdampak oleh proyek tersebut [18].

Kurangnya koordinasi antara pihak-pihak ini dapat menghambat proses pengambilan keputusan dalam penerapan VE. Misalnya, jika insinyur merekomendasikan perubahan desain yang lebih efisien tetapi tidak mendapat persetujuan dari pemilik proyek karena kurangnya komunikasi yang jelas mengenai manfaat perubahan tersebut, maka penerapan VE bisa terhambat. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan mekanisme koordinasi yang lebih baik, seperti pertemuan rutin, penyusunan laporan VE yang transparan, serta komunikasi yang terbuka antara semua pihak terkait agar keputusan yang diambil dapat didukung oleh seluruh pemangku kepentingan [19]. Faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan lingkungan juga dapat menjadi kendala dalam penerapan VE. Jika proyek pembangunan jembatan dilakukan di daerah dengan kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti daerah dengan curah hujan tinggi atau kondisi tanah yang tidak stabil, maka alternatif desain atau metode konstruksi yang lebih efisien mungkin sulit diterapkan.

Untuk mengatasi tantangan ini, VE harus mempertimbangkan faktor lingkungan dalam analisisnya dan mencari solusi yang tetap sesuai dengan kondisi setempat tanpa mengorbankan efisiensi. Menurut [20] penerapan Value Engineering (VE) dalam proyek pembangunan jembatan tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi biaya dan waktu, tetapi juga berdampak langsung terhadap kualitas, keamanan, dan keberlanjutan proyek. Dengan pendekatan yang sistematis dalam mengevaluasi fungsi, material, dan metode konstruksi, VE mampu menghasilkan solusi yang lebih inovatif dan efektif [21]. Namun, dampak VE terhadap ketiga aspek ini sangat bergantung pada bagaimana metode ini diterapkan dan sejauh mana proses evaluasi dilakukan dengan cermat serta mempertimbangkan berbagai faktor teknis, lingkungan, dan regulasi. Jika diterapkan dengan baik, VE dapat meningkatkan kualitas konstruksi, memastikan standar keamanan yang lebih baik, dan mendukung aspek keberlanjutan dalam pembangunan jembatan.

Dari segi kualitas, VE dapat membantu meningkatkan standar konstruksi jembatan dengan mengidentifikasi material dan metode yang lebih baik daripada yang dirancang semula. Proses VE tidak hanya berfokus pada pengurangan biaya, tetapi juga mencari solusi yang dapat meningkatkan daya tahan struktur jembatan. Misalnya, melalui VE, tim proyek dapat mengganti material tradisional dengan material yang lebih tahan lama, seperti beton berkinerja tinggi atau baja yang memiliki ketahanan korosi

lebih baik [6]. Penggunaan material dengan spesifikasi lebih baik dapat meningkatkan umur layanan jembatan serta mengurangi kebutuhan perawatan berkala yang mahal. VE juga mendorong optimalisasi desain dengan menghilangkan elemen yang tidak diperlukan, sehingga menciptakan struktur yang lebih efisien tanpa mengorbankan fungsi dan estetika jembatan.

Namun, penerapan VE yang kurang tepat dapat berdampak negatif terhadap kualitas jembatan. Jika pengurangan biaya menjadi satu-satunya fokus utama tanpa mempertimbangkan dampak teknisnya, maka hasilnya bisa berujung pada penurunan kualitas material dan metode konstruksi yang digunakan [7]. Sebagai contoh, pemilihan material dengan harga lebih murah tanpa mempertimbangkan ketahanan terhadap kondisi lingkungan setempat dapat menyebabkan degradasi struktural lebih cepat dari yang diperkirakan. Penerapan VE harus selalu mempertimbangkan keseimbangan antara penghematan biaya dan peningkatan kualitas dengan melakukan analisis menyeluruh terhadap alternatif yang tersedia.

Dari sisi keamanan, VE memainkan peran penting dalam memastikan bahwa desain dan metode konstruksi yang diterapkan tetap memenuhi standar keselamatan yang telah ditetapkan. Dalam proses VE, setiap alternatif yang diusulkan harus melalui analisis risiko untuk memastikan bahwa perubahan desain atau material tidak mengurangi tingkat keselamatan struktur jembatan [10]. Sebagai contoh, jika VE merekomendasikan penggunaan metode konstruksi modular untuk mempercepat proses pembangunan, maka perlu dipastikan bahwa metode tersebut telah melalui uji coba teknis yang memadai dan memenuhi standar keamanan. VE dapat digunakan untuk meningkatkan daya tahan jembatan terhadap beban lalu lintas, perubahan cuaca ekstrem, serta potensi gempa atau banjir yang dapat mempengaruhi stabilitas struktur.

Tantangan dalam menjaga keamanan melalui VE adalah adanya kemungkinan bahwa beberapa pemangku kepentingan proyek lebih fokus pada efisiensi biaya tanpa mempertimbangkan dampaknya terhadap standar keselamatan. Jika penerapan VE dilakukan tanpa kajian mendalam terhadap dampak struktural, risiko kegagalan konstruksi bisa meningkat, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kecelakaan atau bahkan keruntuhan jembatan di kemudian hari. Setiap rekomendasi VE harus melewati proses evaluasi teknis yang ketat serta mendapatkan persetujuan dari ahli struktur dan regulator sebelum diterapkan di lapangan [11].

Dalam aspek keberlanjutan, VE dapat membantu proyek pembangunan jembatan menjadi lebih ramah lingkungan dengan mengurangi limbah konstruksi, menekan penggunaan energi, dan memilih material yang lebih berkelanjutan. Salah satu cara VE berkontribusi terhadap keberlanjutan adalah dengan mengusulkan penggunaan material daur ulang atau material yang memiliki jejak karbon lebih rendah [12]. Misalnya, penggunaan beton ramah lingkungan yang mengandung fly ash atau slag sebagai pengganti sebagian semen dapat mengurangi emisi karbon tanpa mengorbankan kekuatan material. VE juga dapat mendorong penggunaan teknologi konstruksi yang lebih efisien energi, seperti metode pracetak yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dalam transportasi material dan peralatan di lokasi proyek.

Keberlanjutan juga dapat dicapai melalui desain jembatan yang mempertimbangkan dampak lingkungan sekitarnya. VE dapat mengusulkan desain yang lebih harmonis dengan ekosistem lokal, seperti pembangunan fondasi yang meminimalkan gangguan terhadap aliran air atau penggunaan metode konstruksi yang lebih sedikit menghasilkan polusi udara dan suara [13]. Penerapan VE dapat mengarah pada pemilihan sistem pencahayaan hemat energi untuk jembatan, seperti lampu LED bertenaga surya, yang dapat mengurangi konsumsi listrik dalam jangka panjang.

Namun, meskipun VE memiliki potensi besar dalam meningkatkan keberlanjutan proyek pembangunan jembatan, tantangan yang sering muncul adalah keterbatasan regulasi yang mengakomodasi pendekatan ramah lingkungan [14]. Beberapa standar konstruksi yang ada mungkin belum memberikan insentif atau pedoman yang jelas mengenai penggunaan material berkelanjutan dan teknologi hemat energi. Agar VE dapat memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan, perlu adanya dukungan kebijakan yang lebih progresif dari pemerintah dan lembaga terkait dalam mendorong penerapan teknologi hijau dalam konstruksi infrastruktur.

IV. CONCLUSION

Penerapan Value Engineering (VE) dalam proyek pembangunan jembatan memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas, keamanan, dan keberlanjutan proyek. Dengan metode VE, proyek dapat mencapai efisiensi biaya dan waktu tanpa mengorbankan standar teknis yang telah ditetapkan. Dari segi kualitas, VE memungkinkan pemilihan material dan metode konstruksi yang lebih optimal, sehingga

meningkatkan daya tahan dan umur layanan jembatan. Namun, jika tidak dilakukan dengan cermat, ada risiko penurunan kualitas akibat pemilihan material yang lebih murah tanpa mempertimbangkan daya tahannya.

Dari aspek keamanan, VE membantu memastikan bahwa setiap perubahan dalam desain dan material tetap memenuhi standar keselamatan yang ketat. Analisis risiko yang mendalam dalam proses VE dapat mengurangi potensi kecelakaan dan kegagalan struktur jembatan. Namun, dalam beberapa kasus, fokus berlebihan pada efisiensi biaya dapat berisiko menurunkan standar keamanan jika tidak dikendalikan dengan baik. Evaluasi teknis dan pengawasan yang ketat sangat diperlukan. Dalam hal keberlanjutan, VE berkontribusi terhadap pengurangan dampak lingkungan dengan mengusulkan penggunaan material yang ramah lingkungan dan teknologi konstruksi yang hemat energi. VE juga dapat mendukung praktik konstruksi yang lebih berkelanjutan dengan mengurangi limbah dan emisi karbon. Namun, tantangan utama dalam implementasi VE untuk keberlanjutan adalah kurangnya regulasi yang jelas serta keterbatasan insentif dalam penggunaan teknologi hijau dalam konstruksi.

ACKNOWLEDGE

Penulis berterima kasih kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, atas bantuan serta masukan konstruktif yang sangat berharga dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada keluarga dan sahabat atas dukungan serta motivasi yang tiada henti selama proses penelitian ini.

REFERENCES

- [1] B. S. Fikri Pratama and F. Kurnia, "ANALISIS STRUKTUR GEDUNG DENGAN MODIFIKASI PELAT LANTAI DAN DINDING DENGAN METODE PENERAPAN REKAYASA NILAI (VALUE ENGINEERING)," *Jurnal ARTESIS*, vol. 2, no. 2, 2022, doi: 10.35814/artesis.v2i2.4301.
- [2] F. A. Chandra and S. Siswoyo, "PENERAPAN VALUE ENGINEERING PROYEK PEMBANGUNAN RUKO PROMENADE TAMAN ASRI PONDOK TJANDRA SURABAYA," *axial : jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, vol. 11, no. 2, 2023, doi: 10.30742/axial.v11i3.3259.
- [3] M. P. Nanda, S. Riswanto, and M. Kurniawati, "METODE PAIRED COMPARISON PADA PEKERJAAN PONDASI BANGUNAN GEDUNG DENGAN PENDEKATAN STUDI VALUE ENGINEERING (VE)," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2023, doi: 10.24912/jmts.v6i2.23387.
- [4] D. Priambudhi, Elizar, and Sapitri*, "Aplikasi Value Engineering untuk Optimalisasi Pembiayaan pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah II UIN Suska Riau," *JURNAL TEKNIK*, vol. 13, no. 2, 2019, doi: 10.31849/teknik.v13i2.3599.
- [5] F. Kormomolin, F. Taihuttu, and M. Kempa, "PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA PEMBANGUNAN LAHAN PARKIR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PATTIMURA AMBON," *JURNAL SIMETRIK*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.31959/js.v10i1.370.
- [6] F. Ferdinand and Y. L. D. Adianto, "Penerapan Value Engineering pada Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna X di Kota Medan," *Journal of Sustainable Construction*, vol. 1, no. 2, 2022, doi: 10.26593/josc.v2i1.5696.
- [7] J. A. Kencana and M. Waty, "PENERAPAN METODE VALUE ENGINEERING DALAM PEMILIHAN JENIS BETON PADA PROYEK KONSTRUKSI PERUMAHAN," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 4, no. 1, 2021, doi: 10.24912/jmts.v0i0.10408.
- [8] Mohammad Muhlis, "APLIKASI VALUE ENGINEERING PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG ICU, ICCU, NICCU RUMAH SAKIT UMUM DR. SAIFUL ANWAR MALANG," *JURNAL DAKTILITAS*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.36563/daktilitas.v1i1.408.

- [9] Haryanto, "Penerapan Value Engineering Untuk Meminimalisir Faktor Penyebab Adanya Sisa Material Konstruksi," *Jurnal Civil Engineering Study*, vol. 3, no. 01, 2023, doi: 10.34001/ces.03012023.7.
- [10] Nicolas Mario Gomos Pandiangan and Dwi Dinariana, "Value Engineering Rumah Susun Kedaung Baru Kota Tangerang Menggunakan Teknik Breakdown Cost Model," *IKRA-ITH Teknologi Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 8, no. 2, 2024, doi: 10.37817/ikraith-teknologi.v8i2.3248.
- [11] A. Nandito, M. Huda, and S. Siswoyo, "PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA PROYEK PEMBANGUNAN PUSKESMAS REGO MANGGARAI BARAT NTT," *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, vol. 8, no. 3, 2021, doi: 10.30742/axial.v8i3.1416.
- [12] I. W. Suasira, K. W. Gunawan, N. P. A. Yuliadewi, and I. G. N. E. Partama, "OPTIMASI BIAYA PELAKSANAAN KONSTRUKSI GEDUNG DENGAN PENERAPAN VALUE ENGINEERING (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rsud Sanjiwani Gianyar)," *Jurnal Teknik Gradien*, vol. 15, no. 01, 2023, doi: 10.47329/teknik_gradien.v15i01.1017.
- [13] Alfiatin Eka Andrianti, "faktor yang berhubungan dengan tingkat kelelahan kerja pada pekerja pembangunan jembatan plosu jombang," *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, vol. 3, no. 2, 2021.
- [14] Fachmi Fajar Kurniawan, Irza Sukmana, and Sri Waluyo, "Value Engineering untuk Beautifikasi Ruang Bawah Flyover pada Pembangunan Flyover Simpang Jam (Laluan Madani)," *Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.23960/snip.v2i1.61.
- [15] A. Asrullah, D. Diawarman, R. Anggrainy, and K. Afif, "ANALISA KUAT TEKAN BETON Fc'25 MPa DENGAN PENAMBAHAN ABU BATU DAN SEMEN MORTAR UTAMA TYPE 400," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 11, no. 2, 2022, doi: 10.36546/tekniksipil.v11i2.517.
- [16] H. N. Aredha Putra, S. Sugiyarto, and A. Setyawan, "ANALISIS VALUE ENGINEERING PADA PONDASI JEMBATAN (STUDI KASUS: PROYEK JEMBATAN KALI CENGER TOL SEMARANG-SOLO RUAS SALATIGA-BOYOLALI SESI AMPEL-BOYOLALI)," *Matriks Teknik Sipil*, vol. 6, no. 4, 2018, doi: 10.20961/mateksi.v6i4.36536.
- [17] K. M. Tanoni, S. Siswoyo, and S. Soepriyono, "PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN MAUBASA BELU NTT," *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.30742/axial.v11i1.2856.
- [18] V. P. R. Septiani, M. Ushada, and Suharno, "Development of Sago-based Analog Rice Using Kansei and Value Engineering," *Pertanika J Sci Technol*, vol. 31, no. 6, 2023, doi: 10.47836/pjst.31.6.17.
- [19] Sutikno, A. E. Husin, and A. M. Iswidyantara, "Indonesia MICE green building project with value engineering and its influential factors: an SEM-PLS approach," *Sinergi (Indonesia)*, vol. 27, no. 1, 2023, doi: 10.22441/sinergi.2023.1.012.
- [20] A. S. Gunarathne, N. Zainudeen, C. S. R. Perera, and B. A. K. S. Perera, "A framework of an integrated sustainability and value engineering concepts for construction projects," *International Journal of Construction Management*, vol. 22, no. 11, 2022, doi: 10.1080/15623599.2020.1768624.
- [21] W. Y. El-Nashar and A. H. Elyamany, "Value engineering for canal tail irrigation water problem," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 9, no. 4, 2018, doi: 10.1016/j.asej.2017.02.004.

- [22] T. Wei and Y. Chen, "Green building design based on BIM and value engineering," *J Ambient Intell Humaniz Comput*, vol. 11, no. 9, 2020, doi: 10.1007/s12652-019-01556-z.
- [23] R. Woodhead and M. A. Berawi, "Evolution of Value Engineering to Automate Invention in Complex Technological Systems," *International Journal of Technology*, vol. 13, no. 1, 2022, doi: 10.14716/ijtech.v13i1.4984.
- [24] A. Sahu, S. Agrawal, and G. Kumar, "Triple bottom line performance of manufacturing Industry: A value engineering approach," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 56, 2023, doi: 10.1016/j.seta.2023.103029.
- [25] W. El-Nashar and A. Elyamany, "Adapting Irrigation Strategies to Mitigate Climate Change Impacts: A Value Engineering Approach," *Water Resources Management*, vol. 37, no. 6–7, 2023, doi: 10.1007/s11269-022-03353-4.
- [26] M. Youssef, S. M. H. AlDeep, and M. M. Olwan, "Value engineering: Case study of Libyan educational buildings," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 76, 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.06.078.