

Optimasi Kolom dan Balok Melalui *Value Engineering* pada Gedung Asrama SMP IT Al-Ihsan Pasuruan

Muhammad Sugiarto, Januar Sasongko

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Universitas Yudharta Pasuruan

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Value Engineering, struktur atas, kolom, balok, ETABS

***Correspondence email:**

yogimamat9@gmail.com;
januar@yudharta.ac.id

Submitted: 03 Oktober 2025

Revised: 17 Februari 2026

Accepted: 18 Februari 2026

Published: 20 Februari 2026

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur di Indonesia menuntut efisiensi dalam perencanaan konstruksi, khususnya pada bangunan bertingkat yang memiliki biaya besar pada pekerjaan struktur. Struktur atas seperti kolom dan balok merupakan elemen utama penopang beban, sehingga efisiensi desain sangat berpengaruh terhadap stabilitas dan biaya pembangunan. Permasalahan seperti overdesign dapat memicu pemborosan material dan anggaran. Penelitian ini bertujuan menerapkan *Value Engineering* (VE) pada pekerjaan struktur atas proyek pembangunan gedung asrama SMP IT Al-Ihsan di Kota Pasuruan, dengan fokus pada kolom dan balok untuk memperoleh alternatif desain yang lebih ekonomis tanpa mengurangi kekuatan struktur. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pemodelan struktur berbantuan perangkat lunak ETABS. Data diperoleh dari gambar kerja, spesifikasi material, dan dokumen teknis proyek. Analisis dilakukan pada desain eksisting, kemudian dikembangkan desain alternatif yang diuji terhadap parameter kekuatan aksial, momen lentur, dan distribusi gaya internal berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengurangan dimensi kolom dari 50×50 cm menjadi 30×30 cm dan balok dari 30×60 cm menjadi 25×50 cm tetap memenuhi persyaratan teknis. Efisiensi material yang dicapai adalah 64% pada pekerjaan kolom dan 30,56% pada pekerjaan balok, dengan tetap menjaga stabilitas dan keamanan struktur. Kesimpulan penelitian menyatakan bahwa penerapan VE pada struktur atas mampu mengurangi volume material, menekan biaya konstruksi, serta menurunkan beban mati yang berdampak pada pengurangan beban gempa rencana. Alternatif desain yang dihasilkan dinyatakan layak diterapkan karena memenuhi kriteria teknis, aman secara struktural, dan lebih efisien secara ekonomis. Temuan ini dapat dijadikan acuan pada proyek bangunan bertingkat dengan kebutuhan optimasi biaya.

ABSTRACT

Keywords:

Value Engineering, superstructure, columns, beams, ETABS

Infrastructure development in Indonesia requires efficiency in construction planning, particularly for multi-story buildings where structural works account for the largest portion of costs. The superstructure, such as columns and beams, plays a crucial role in supporting loads and ensuring building stability, making design efficiency highly influential on both safety and budget. Problems such as overdesign can lead to material waste and increased project expenses. This study aims to apply Value Engineering (VE) to the superstructure of the SMP IT Al-Ihsan dormitory project in Pasuruan City, focusing on columns and beams to obtain alternative designs that are more economical without reducing structural performance. The research employed a quantitative approach with structural modeling and analysis using ETABS software. Data were obtained from construction drawings, material specifications, and technical documents. The analysis compared the existing design with proposed alternatives, evaluated against axial strength, flexural capacity, and internal force distribution parameters in accordance with SNI 2847:2019 and SNI 1726:2019 standards. The results show that reducing the column dimensions from 50×50 cm to 30×30 cm and beams from 30×60 cm to 25×50 cm still satisfies technical requirements. Material efficiency was achieved by reducing concrete volume by 64% in columns and 30.56% in beams, while maintaining adequate strength and stability. The study concludes that the application of VE to the superstructure can reduce material volume, lower construction costs, and decrease dead loads, which also contributes to reducing seismic loads. The proposed alternative designs are technically feasible, structurally safe, and more economical, making them suitable as a reference for future multi-story building projects requiring cost optimization.

PENDAHULUAN

Indonesia saat ini tengah gencar melakukan pembangunan infrastruktur sebagai salah satu strategi utama dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional (Arifqi, 2021). Pembangunan infrastruktur dianggap sebagai fondasi penting untuk mendorong konektivitas antar wilayah, mempercepat distribusi logistik, serta meningkatkan mutu hidup

masyarakat (Dian & Sucipto, 2021). Perihal ini sejalan dengan arah kebijakan strategis nasional yang tertuang dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020–2024, yang menempatkan zona infrastruktur sebagai prioritas utama dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, pemerataan pembangunan wilayah, serta peningkatan pelayanan publik. Fokus pada pembangunan infrastruktur ini tercermin dari berbagai proyek konstruksi bangunan bertingkat, jalan, jembatan, hingga fasilitas publik yang tersebar di berbagai daerah, termasuk proyek-proyek gedung vertikal seperti asrama, rumah sakit, dan perkantoran pemerintah (Ndruru et al., 2025).

Namun demikian, pengelolaan proyek konstruksi bangunan bertingkat membutuhkan pendekatan yang terencana dan efisien, terutama dalam hal struktur atas semacam kolom dan balok. Struktur merupakan komponen utama yang menopang beban dan menjamin stabilitas serta keamanan gedung (Darmawan et al., 2021). Permasalahan dalam desain struktur seperti overdesign atau pemilihan metode konstruksi yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan biaya, penggunaan material yang tidak optimal, atau bahkan penurunan kualitas bangunan (Sumarda et al., 2022).

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meminimalisir pemborosan serta meningkatkan efisiensi adalah dengan mengaplikasikan *Value Engineering* (VE) atau rekayasa nilai (Saiful Anwar & Sasongko, 2023). *Value Engineering* merupakan suatu pendekatan sistematis dan terencana yang bertujuan untuk menganalisis fungsi suatu proyek dan mencari alternatif yang mampu memberikan nilai terbaik dengan biaya yang efisien tanpa mengorbankan mutu dan keandalan-nya. Pendekatan ini bersifat kreatif dan logis, serta berfokus pada optimalisasi pengeluaran dengan tetap mempertahankan fungsi utama dari komponen proyek. Penerapan *Value Engineering* dapat membantu pelaksana proyek dalam mengidentifikasi elemen yang tidak memberikan nilai tambah dan menggantinya dengan solusi alternatif yang lebih ekonomis namun tetap memenuhi spesifikasi teknis (Asyrofic & Siswoyo, 2024).

Dalam proyek konstruksi bangunan gedung, salah satu bagian yang memiliki proporsi biaya terbesar adalah pekerjaan struktur, seperti kolom dan balok. Struktur bangunan merupakan elemen krusial yang memerlukan ketelitian dalam perancangan dan pelaksanaan (Indriyani et al., 2024). Oleh karena itu, analisis terhadap pekerjaan struktur menjadi penting agar dapat dicapai efisiensi biaya tanpa mengurangi kekuatan dan kestabilan bangunan (Meilasari et al., 2023). Peninjauan ulang terhadap desain awal sering kali menghasilkan desain alternatif yang lebih sederhana namun tetap memenuhi fungsi teknis. Penerapan *Value Engineering* pada struktur atas biasanya berfokus pada optimalisasi dimensi, penggantian metode kerja, atau pemilihan material yang lebih efisien (Rahayu & Putra, 2025).

Penelitian ini akan menerapkan pendekatan *Value Engineering* pada proyek pembangunan struktur gedung atas asrama SMP IT Al-Ihsan yang berlokasi di Jl. HOS Cokroaminoto, Kelurahan Blandongan, Kecamatan Bugul Kidul, Kota Pasuruan. Gedung asrama ini memiliki struktur utama berupa kolom dan balok, yang menjadi fokus utama dalam analisis efisiensi biaya. Berdasarkan dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB), pekerjaan struktur menyerap anggaran tertinggi dalam keseluruhan proyek. Oleh sebab itu, penting dilakukan evaluasi mendalam guna memperoleh solusi penghematan biaya yang optimal, seperti pemilihan desain alternatif atau metode pelaksanaan yang lebih efisien (Israel Padang et al., 2025).

Berbagai penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa *Value Engineering* pada struktur bangunan bertingkat mampu menghasilkan efisiensi dan meningkatkan kinerja struktur. Misalnya, penelitian oleh (Nandito et al., 2021) yang menerapkan *Value Engineering* pada struktur bangunan gedung kejaksaan menggunakan software ETABS menunjukkan bahwa efisiensi dapat diperoleh tanpa mengurangi kekuatan struktur. Begitu pula studi oleh Mahendra (2022) yang menerapkan VE dengan mengganti mutu beton dan menganalisis desain struktur pada proyek klinik bertingkat menghasilkan efisiensi struktur dengan tetap memenuhi standar teknis dan keamanan (Chandra et al., 2023).

Berdasarkan penjelasan di atas, bisa disimpulkan bahwa penerapan *Value Engineering* sangat penting dilakukan untuk mendapatkan desain yang efisien, stabil, serta ekonomis. Dalam konteks pembangunan gedung asrama SMP IT Al-Ihsan, pendekatan ini akan difokuskan pada struktur atas, khususnya pada elemen kolom dan balok. Penelitian ini akan menganalisis dimensi dan mutu beton dari desain awal, serta mengusulkan penggunaan metode alternatif seperti precast frame untuk pekerjaan kolom dan balok. Diharapkan melalui penerapan pendekatan ini, proyek dapat mencapai efisiensi anggaran tanpa mengurangi kualitas dan fungsi bangunan .

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian rekayasa teknik sipil yang menggunakan pendekatan kuantitatif. Tujuannya adalah mengevaluasi dan menganalisis desain alternatif struktur atas gedung bertingkat dengan menggunakan metode *Value Engineering* (VE). Evaluasi dilakukan terhadap kekuatan struktur, konfigurasi penulangan, dan kestabilan elemen struktur atas, yaitu kolom dan balok. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama SMP IT Al-Ihsan yang berlokasi di Jl. HOS Cokroaminoto, Kelurahan Blandongan, Kecamatan Bugul Kidul, Kota Pasuruan. Pengumpulan data teknis dilaksanakan antara bulan Februari hingga April 2025. Objek penelitian ini adalah struktur atas bangunan bertingkat pada proyek gedung asrama, yang terdiri atas komponen kolom dan balok. Objek dalam penelitian ini difokuskan pada elemen struktur atas dari bangunan bertingkat yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu Kolom, sebagai elemen vertikal yang menerima dan menyalurkan beban dari balok dan pelat ke struktur bawah dan Balok, sebagai elemen horizontal yang mendistribusikan beban dari pelat ke kolom. Kedua elemen

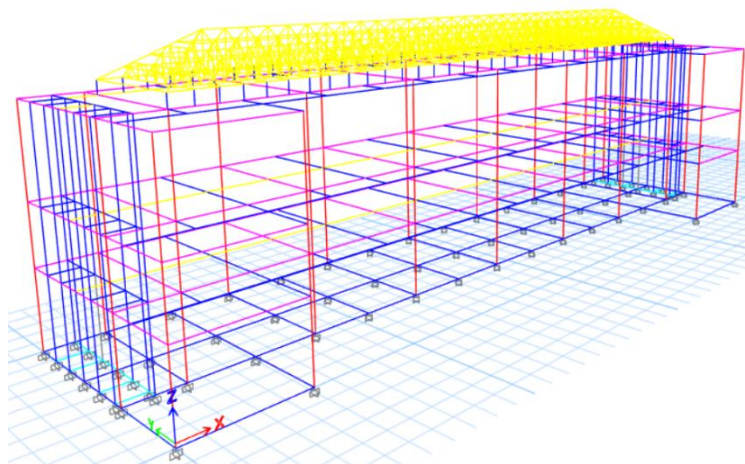
ini dianalisis secara teknis untuk mengevaluasi kinerja struktur terhadap beban kerja, dengan memperhatikan standar nasional dalam perencanaan struktur beton bertulang. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari Studi Literatur, Pengumpulan Data Lapangan dan Simulasi dan Analisis Menggunakan ETABS.

HASIL

Perbandingan Analisis Kolom dan Balok Eksisting dengan Kolom dan Balok Alternatif

Dalam analisis ini, dilakukan perbandingan antara elemen struktur kolom dan balok eksisting dengan alternatif dimensi yang telah dioptimasi melalui pendekatan *Value Engineering*. Model struktur awal menunjukkan penggunaan dimensi yang cukup besar, yang meskipun memenuhi syarat kekuatan dan stabilitas, menghasilkan konsumsi material yang relatif tinggi. Melalui pemodelan ulang menggunakan ETABS, diperoleh alternatif dimensi yang lebih kecil namun tetap memenuhi kriteria desain berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019.

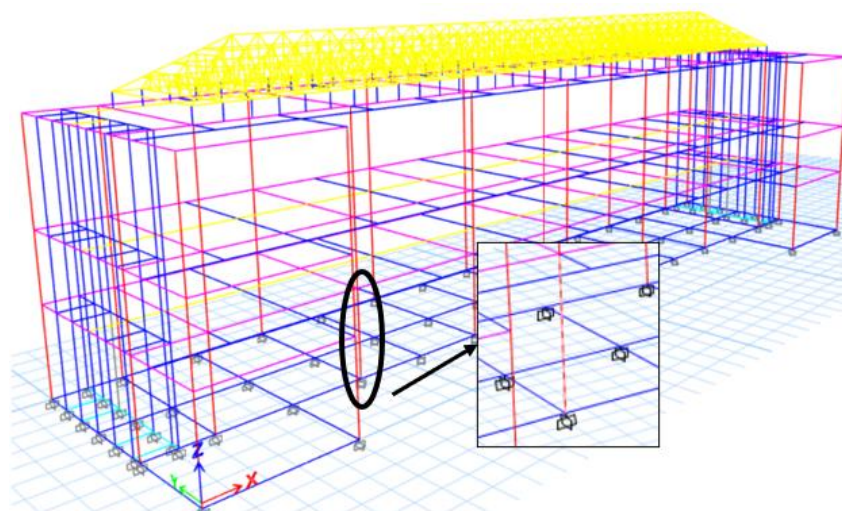
Kolom dan balok yang menggunakan desain alternatif ditampilkan pada Gambar 1 dengan elemen kolom alternatif berwarna merah dan elemen balok alternatif berwarna ungu. Analisis dilakukan dengan pengambilan sampel elemen, kolom dan balok yang dianalisis adalah kolom dan balok dengan beban P_u dan M_u paling besar yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Kolom dan Balok Alternatif dalam Model (Kolom = merah, Balok = ungu)

Sumber: Analisis peneliti, 2025

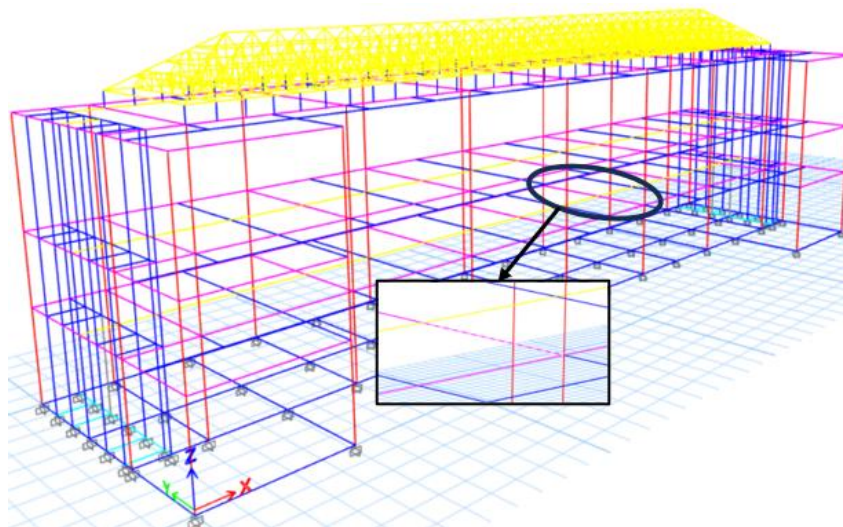
Gambar 1 memperlihatkan hasil pemodelan struktur alternatif menggunakan ETABS, di mana elemen kolom berwarna merah dan balok berwarna ungu. Model ini digunakan untuk meninjau efisiensi struktur dengan dimensi yang telah dioptimasi melalui metode *Value Engineering*. Tujuannya adalah untuk melihat pengaruh perubahan dimensi terhadap distribusi gaya dalam dan kekuatan struktur bangunan.



Gambar 2. Kolom yang Dianalisis

Sumber: Analisis peneliti, 2025

Gambar 2 menunjukkan posisi serta identifikasi elemen kolom yang menjadi sampel utama dalam analisis. Kolom ini dipilih berdasarkan beban aksial (P_u) dan momen lentur (M_u) terbesar untuk memastikan hasil perbandingan yang representatif terhadap kinerja struktur secara keseluruhan.



Gambar 3. Balok yang Dianalisis

Sumber: Analisis peneliti, 2025

Gambar 3 menampilkan elemen balok yang digunakan dalam perhitungan dan simulasi. Pemilihan balok ini didasarkan pada beban maksimum dan pengaruh lentur tertinggi, sehingga menjadi indikator dalam mengevaluasi kelayakan desain alternatif terhadap standar SNI 2847:2019.

Hasil dari analisis kemudian dibandingkan untuk mengetahui apakah desain alternatif dapat digunakan untuk mengaplikasikan *Value Engineering*. Perbandingan hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Perbandingan Gaya Dalam Ultimate

Elemen	P_u Eksisting (kN)	P_u Alternatif (kN)	Reduksi P_u (%)	M_u Eksisting (kNm)	M_u Alternatif (kNm)	Reduksi M_u (%)
Kolom	-1153,19	-1033,23	10,40	-	-	-
Balok	-	-	-	-168,827	209,3358	-23,99

Sumber: Analisis peneliti, 2025

Tabel 2. Perbandingan Dimensi dan Penulangan

Elemen	Dimensi (mm)	Longitudinal Tumpuan Atas	Longitudinal Tumpuan Bawah	Longitudinal Lapangan Atas	Longitudinal Lapangan Bawah	Torsi	Geser Tumpuan	Geser Lapangan
K1 Eks	500 × 500	12D19	-	12D19	-	-	Ø10-100	Ø10-150
B1 Eks	300 × 600	D22	3D16	3D16	8D22	2D13	Ø10-100	Ø10-150
K1 Alt	300 × 300	12D16	-	12D16	-	-	Ø10-100	Ø10-150
B1 Alt	250 × 500	8D16	3D16	3D16	8D16	6D13	Ø10-100	Ø10-150

Sumber: Analisis peneliti, 2025

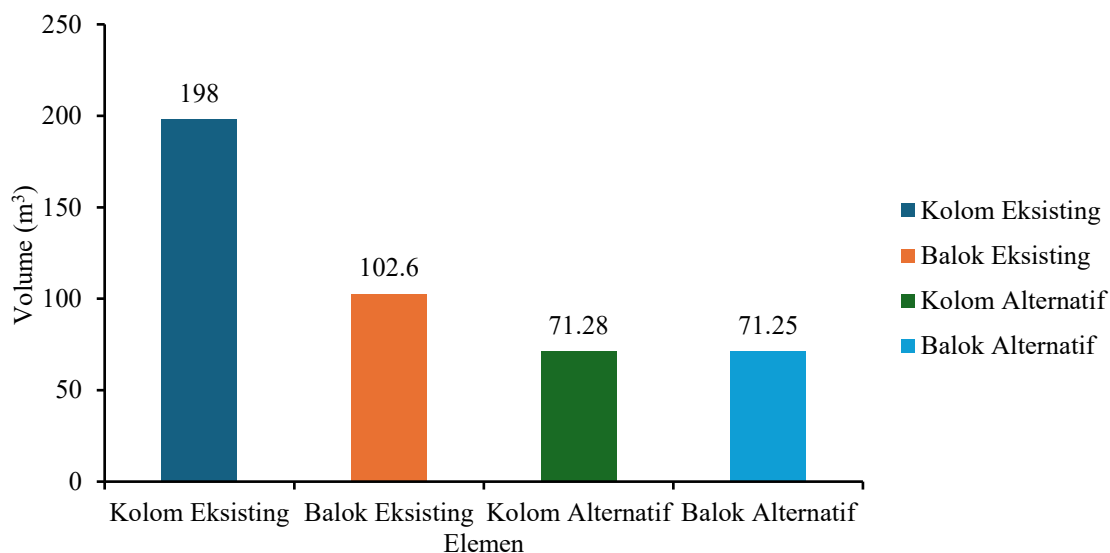
Berdasarkan hasil evaluasi dengan analisis *output* aplikasi ETABS, dilakukan perbandingan antara desain eksisting dan alternatif pada elemen kolom struktur Gedung Asrama SMP IT Al-Ihsan. Kolom eksisting memiliki dimensi penampang 50 × 50 cm dengan konfigurasi 12 batang tulangan D19, sedangkan alternatif desain menggunakan dimensi 30 × 30 cm dengan jumlah tulangan yang dikurangi menjadi 12 batang D16. Pada desain alternatif, dimensi penampang beton yang lebih kecil memungkinkan penggunaan tulangan dengan diameter yang lebih kecil, namun tetap memenuhi persyaratan kekuatan dan keamanan struktur.

Hasil analisis dari *software* menunjukkan bahwa nilai gaya aksial dan momen lentur maksimum yang bekerja pada kolom masih berada dalam batas aman. Hal ini menunjukkan bahwa desain alternatif sudah cukup optimal dan efisien tanpa mengorbankan aspek keselamatan. Gaya dalam ultimate pun dapat tereduksi. Pengurangan dimensi dan jumlah tulangan pada desain alternatif memberikan efisiensi penggunaan material struktur seperti yang tercantum pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Perbandingan Dimensi, Volume, dan Berat Beton

Elemen	Dimensi Eksisting (cm)	Dimensi Alternatif (cm)	Volume Beton Eksisting (m ³)	Volume Beton Alternatif (m ³)	Reduksi (%)	Berat Beton Eksisting (kg)	Berat Beton Alternatif (kg)	Reduksi (%)
Kolom	50×50	30×30	198.00	71.28	64.00	475200	171072	64.00
Balok	30×60	25×50	102.60	71.25	30.56	246240	171000	30.56

Sumber: Analisis peneliti, 2025



Gambar 4. Grafik Perbandingan Volume Beton Eksisting dan Alternatif

Sumber: Analisis peneliti, 2025

Hasil analisis menunjukkan bahwa pengurangan dimensi kolom dari 50x50 cm menjadi 30x30 cm, serta balok dari 30x60 cm menjadi 25x50 cm, menghasilkan penghematan volume beton sekitar 64% dan 30,56%, tanpa melebihi batas defleksi dan kekuatan rencana. Rasio kebutuhan tulangan juga tetap berada dalam batas minimum dan maksimum yang diizinkan.

Meskipun kapasitas menurun, kinerja struktur tetap memenuhi ketentuan SNI 2847:2019. Oleh karena itu, alternatif desain kolom dapat dipertimbangkan untuk diterapkan, terutama dalam konteks *Value Engineering* yang bertujuan meningkatkan efisiensi proyek tanpa mengurangi kinerja struktural. Penurunan berat total struktur juga memberikan keuntungan tambahan dalam pengurangan beban gempa, sehingga turut mengurangi gaya dalam pada elemen lainnya.

Dari segi efisiensi biaya, terjadi penurunan estimasi biaya material struktural karena berkurangnya volume material sehingga menjadikan opsi alternatif layak secara teknis maupun ekonomis. Oleh karena itu, usulan dimensi alternatif dapat direkomendasikan untuk diterapkan, terutama dalam proyek dengan keterbatasan anggaran, tanpa mengorbankan aspek keselamatan struktural.

Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan Value Engineering (VE) pada elemen struktur atas mampu menghasilkan efisiensi yang signifikan tanpa mengurangi kinerja struktur (Shonata et al., 2024). Reduksi dimensi kolom dari 50×50 cm menjadi 30×30 cm serta balok dari 30×60 cm menjadi 25×50 cm menyebabkan penurunan volume beton masing-masing sebesar 64% dan 30,56%. Penurunan volume ini secara langsung berdampak pada pengurangan berat struktur dan biaya material, namun hasil simulasi ETABS menunjukkan bahwa kapasitas aksial dan momen lentur masih berada dalam batas aman sesuai SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019 (Wright & Davidson, 2020).

Efisiensi tersebut menunjukkan bahwa desain awal memiliki indikasi overdesign, yaitu penggunaan dimensi yang lebih besar dari kebutuhan kapasitas struktur. Dengan melakukan optimasi dimensi dan penulangan, fungsi utama struktur tetap terpenuhi, sementara penggunaan material menjadi lebih rasional (Wahyu Nugraha & Jafar, 2024). Penurunan berat struktur juga memberikan keuntungan tambahan berupa berkurangnya beban gempa rencana, sehingga gaya dalam pada elemen struktur lain turut menurun (Van den Beemt et al., 2020). Kondisi ini memperlihatkan bahwa VE tidak hanya berkontribusi pada efisiensi biaya, tetapi juga meningkatkan performa sistem struktur secara keseluruhan melalui pengurangan beban mati bangunan (Iman & Jafar, 2024).

Selain itu, perubahan konfigurasi tulangan longitudinal dan diameter tulangan pada desain alternatif tetap memenuhi rasio tulangan minimum dan maksimum yang disyaratkan (Chen et al., 2022). Hal ini menegaskan bahwa

efisiensi yang diperoleh bukan berasal dari pengurangan faktor keamanan, melainkan dari penyesuaian desain yang lebih optimal terhadap kebutuhan kapasitas struktur aktual. Dengan demikian, penerapan VE pada elemen kolom dan balok terbukti efektif dalam meningkatkan nilai proyek melalui keseimbangan antara kinerja teknis dan efisiensi biaya (Jafar & Rahmayuda, 2025).

Temuan penelitian ini sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa penerapan Value Engineering pada struktur bangunan bertingkat mampu menghasilkan efisiensi material tanpa menurunkan kapasitas struktur. Penelitian (Musyaffa & Jafar, 2022) yang menerapkan VE pada struktur gedung kejaksaan juga melaporkan bahwa optimasi dimensi elemen struktur melalui analisis ETABS dapat menurunkan volume material dan biaya konstruksi, namun tetap memenuhi standar kekuatan yang berlaku. Demikian pula (Kesumah, 2022) menunjukkan bahwa modifikasi desain struktur dan mutu material menghasilkan efisiensi biaya konstruksi dengan tetap mempertahankan kinerja struktur sesuai standar perencanaan beton bertulang.

Perbedaan utama penelitian ini dibandingkan penelitian terdahulu terletak pada tingkat efisiensi yang dihasilkan, khususnya pada elemen kolom yang mencapai reduksi volume hingga 64%, nilai yang relatif lebih besar dibandingkan beberapa studi sebelumnya yang umumnya berada pada kisaran efisiensi 15–40%. Hal tersebut menunjukkan bahwa potensi efisiensi sangat dipengaruhi oleh kondisi desain awal, terutama apabila terdapat indikasi overdesign yang cukup tinggi (Emami & Emami, 2020). Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa pengurangan dimensi struktur tidak hanya menurunkan biaya material, tetapi juga memberikan dampak struktural tambahan berupa pengurangan beban gempa rencana, aspek yang belum banyak dibahas secara kuantitatif pada penelitian sebelumnya (Nathanael & Anondho, 2023).

Secara keseluruhan, kesesuaian hasil penelitian ini dengan berbagai studi terdahulu memperkuat argumentasi bahwa Value Engineering merupakan pendekatan yang efektif dalam optimasi desain struktur bangunan bertingkat. Penerapan metode ini memungkinkan tercapainya desain yang lebih ekonomis, efisien, dan tetap memenuhi persyaratan teknis serta keselamatan struktur, sehingga layak dijadikan strategi perencanaan pada proyek konstruksi yang menuntut efisiensi biaya tinggi (Ariani et al., 2023).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan ETABS, diperoleh bahwa desain alternatif kolom dengan dimensi yang lebih kecil tetap mampu menahan gaya aksial dan momen lentur sesuai ketentuan SNI 2847:2019. Gaya aksial terbesar pada desain eksisting adalah -1153,19 kN, sementara pada desain alternatif adalah -1033,23 kN, sehingga terdapat reduksi sebesar 10,40%. Selain itu, momen lentur terbesar pada desain eksisting sebesar -168,83 kNm, sementara pada desain alternatif adalah 209,34 kNm. Meskipun terdapat pembesaran momen lentur sebesar 23,99%, dimensi dan penulangan alternatif masih mampu menahan momen tersebut. Dimensi alternatif yang dipilih memberikan efisiensi volume beton tanpa mengurangi kapasitas struktur secara signifikan. Selain itu, rasio tulangan tetap berada dalam batas yang diizinkan, sehingga desain ini dinyatakan layak secara teknis dan lebih ekonomis untuk diterapkan dalam proyek pembangunan Gedung Asrama SMP IT Al-Ihsan. Hasil analisis menunjukkan bahwa desain alternatif balok memberikan kinerja lentur yang setara dengan balok eksisting, dengan deformasi dan kapasitas momen yang masih dalam batas aman. Momen lentur terbesar yang terjadi pada desain eksisting adalah -168,827 kNm, sementara pada desain alternatif adalah 209,336 kNm. Meskipun terjadi pembesaran momen lentur sebesar 23,99%, nilai momen lentur tersebut masih dalam batas aman sehingga balok tetap dapat digunakan. Rasio tulangan yang digunakan pada balok alternatif juga lebih optimal, menghasilkan efisiensi dalam penggunaan baja tulangan. Dengan demikian, desain alternatif balok dinilai lebih efisien tanpa mengurangi faktor keamanan struktur.

Perbandingan kinerja struktur menunjukkan bahwa alternatif desain kolom dan balok mampu memenuhi parameter kekuatan dan stabilitas yang diprasyarkan. Struktur alternatif memberikan penghematan material konstruksi sebesar 64% pada pekerjaan kolom dan 30,56% pada pekerjaan balok, yang berdampak langsung pada penurunan biaya pembangunan. Selain itu, beban mati yang lebih ringan dari struktur alternatif turut mengurangi beban gempa rencana, menjadikan desain ini unggul dalam aspek teknis maupun ekonomis. Oleh karena itu, penerapan *Value Engineering* pada proyek ini berhasil memberikan solusi desain yang lebih efisien tanpa mengorbankan aspek keselamatan dan performa struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, I., Aditya, M. R., & Jamal, M. (2023). Analisis Elemen Struktur Balok Dan Kolom Beton Bertulang (Studi Kasus Gedung Dealer Honda Astra Kota Samarinda). *Teknologi Sipil : Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 7(1), 29. <https://doi.org/10.30872/Ts.V7i1.11229>
- Arifqi, Moh. M. (2021). Pemulihan Perekonomian Indonesia Melalui Digitalisasi Umkm Berbasis Syariah Di Masa Pandemi Covid-19. *Al-Kharaj : Jurnal Ekonomi, Keuangan & Bisnis Syariah*, 3(2), 192–205. <https://doi.org/10.47467/Alkharaj.V3i2.311>

- Asyrofic, A. F., & Siswoyo. (2024). Penerapan Value Engineering Terhadap Struktur Bawah Pada Proyek Pembangunan Flyover Krian. *Axial, Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 12(3), 139–145.
- Chandra, R., Sutandi, A., & Anondho, B. (2023). Analisis Value Engineering Pada Proyek Perumahan X Di Tangerang Selatan. *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 249–260. <https://doi.org/10.24912/Jmts.V6i2.22080>
- Chen, W. T., Merrett, H. C., Liu, S.-S., Fauzia, N., & Liem, F. N. (2022). A Decade Of Value Engineering In Construction Projects. *Advances In Civil Engineering*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/2324277>
- Darmawan, I. M., Kiptiah, M., Safitri, M., & Ilmannafian, G. A. (2021). Pengembangan Atribut Produk Keripik Singkong Menggunakan Metode Value Engineering Berbasis Customer Oriented. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(1), 70–77. <https://doi.org/10.24961/J.Tek.Ind.Pert.2021.31.1.70>
- Dian, T. M., & Sucipto, S. (2021). Quality Improvement Of Honey Product Using Quality Function Deployment (Qfd) Method. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 10(3), 260–273. <https://doi.org/10.21776/Ub.Industria.2021.010.03.7>
- Emami, K., & Emami, T. (2020). Value Engineering: Opportunities And Challenges. *Irrigation And Drainage*, 69(2), 307–313. <https://doi.org/10.1002/Ird.2410>
- Iman, D., & Jafar, J. (2024). Perbandingan Performa Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Sambungan Lewatan Dan Mekanis Tipe Clamp. *Teknika*, 19(1), 92–102. <https://doi.org/10.26623/Teknika.V19i1.8624>
- Indriyani, I., Nindyawati, N., & Sulton, M. (2024). Analisis Momen-Lendutan Pada Balok Induk Dengan Variasi Penempatan Balok Anak Beton Bertulang. *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik*, 4(4), 2. <https://doi.org/10.17977/Um068.V4.I4.2024.2>
- Israel Padang, Rudy Djamaluddin, Herman Parung, & Arwin Amiruddin. (2025). Kajian Literatur Sistem Sambungan Balok Sloof Pracetak Konstruksi Rumah Sederhana Tahan Gempa. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (Konteks)*, 2(3). <https://doi.org/10.62603/Konteks.V2i3.166>
- Jafar, J., & Rahmayuda, B. S. (2025). Perbandingan Kinerja Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Sambungan Lewatan Dan Sambungan Mekanis Tipe Cold Forged Sleeve With Parallel Threads. *Teknika*, 20(1). <https://doi.org/10.26623/87cpvk81>
- Kesumah, A. (2022). Analisis Value Engineering Pada Perencanaan Fondasi Di Tanah Lunak Dengan Menggunakan Perbaikan Tanah Metode Vacuum. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 6(2), 181–190. <https://doi.org/10.24912/Jmstkik.V6i2.13128>
- Meilasari, S. K., Oetomo, W., & Witjaksana, B. (2023). Value Engineering Analysis On The Architectural Work Of The Arjosari Malang Type A Terminal Revitalization Project. *Jurnal Ekonomi Teknologi Dan Bisnis (Jetbis)*, 2(8), 556–570. <https://doi.org/10.57185/Jetbis.V2i8.53>
- Musyaffa, M. F., & Jafar, J. (2022). Perbandingan Kinerja Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Sambungan Lewatan Dan Sambungan Mekanis (Clamp). *Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 12(1), 101. <https://doi.org/10.24127/Tp.V12i1.2327>
- Nandito, A., Huda, M., & Siswoyo, S. (2021). Penerapan Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Puskesmas Rego Manggarai Barat Ntt. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 8(3), 171. <https://doi.org/10.30742/Axial.V8i3.1416>
- Nathanael, N., & Anondho, B. (2023). Analisis Peringkat Faktor Keputusan Value Engineering Pada Bangunan Sistem Penyediaan Air Minum (Spam). *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 61–70. <https://doi.org/10.24912/Jmts.V6i1.21245>
- Ndruru, H., Zebua, Y., Telaumbanua, Arisman, Telaumbanua, Aprianus, Pendidikan, P. S., Bangunan, T., & Kunci, K. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Berbantuan Aplikasi Alight Motion Pada Materi Peralatan Dalam Konstruksi Bangunan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(1), 5652–5660. <https://doi.org/10.31004/Jerkin.V4i1.2403>
- Rahayu, J., & Putra, I. N. D. P. (2025). Analysis Of Factors Affecting Material Supply Chain Performance In High-Rise Building Construction Projects. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2), 546. <https://doi.org/10.33087/Talantasipil.V8i2.919>
- Saiful Anwar, M., & Sasongko, J. (2023). Analisis Value Engineering Pada Struktur Pondasi Footplat Menggunakan Software Staad.Pro (Studi Kasus Gedung UPT Logam Kota Pasuruan). *Journal Of Civil Engineering And Technology Sciences*, 02(01), 12–22. <https://doi.org/10.56444/Jcets.V2i1>
- Shonata, M., Rifai, M., & Handayani, F. S. (2024). Analisis Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Gedung Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Ahp). *Sustainable Civil Building Management And Engineering Journal*, 1(3), 10. <https://doi.org/10.47134/Scbmej.V1i3.3064>
- Sumarda, A., Dwiretnani, A., & Dony, W. (2022). Penerapan Rekayasa Nilai (Value Engineering) Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Pusat Layanan Haji Dan Umroh Terpadu Kementerian Agama Kab. Batanghari. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(2), 335. <https://doi.org/10.33087/Talantasipil.V5i2.136>

- Van Den Beemt, A., Macleod, M., Van Der Veen, J., Van De Ven, A., Van Baalen, S., Klaassen, R., & Boon, M. (2020). Interdisciplinary Engineering Education: A Review Of Vision, Teaching, And Support. *Journal Of Engineering Education*, 109(3), 508–555. <https://doi.org/10.1002/Jee.20347>
- Wahyu Nugraha, R., & Jafar. (2024). Perbandingan Efektivitas Antara Sambungan Lewatan Dan Sambungan Mekanis Tipe Coupler Pada Balok Beton Bertulang. *Jurnal Saintis*, 24(01), 01–10. [https://doi.org/10.25299/Saintis.2024.Vol24\(01\).14615](https://doi.org/10.25299/Saintis.2024.Vol24(01).14615)
- Wright, L., & Davidson, S. (2020). How To Tell The Difference Between A Model And A Digital Twin. *Advanced Modeling And Simulation In Engineering Sciences*, 7(1), 13. <https://doi.org/10.1186/S40323-020-00147-4>