

Pemetaan Domain, Metode, Kontribusi, dan Kekuatan Bukti Value Engineering pada Sistem Teknik: Systematic Literature Review

Moh. Ainul Fais^{1*}, Silvana Mohamad², Dedy Kunhadi³, Bambang Sutejo⁴, Djaffar Sodik⁵, Novid Hidayat⁶, Mohamad Tsaqif A. L.⁷

^{1,3,4,5,6}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas W. R. Supratman

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

⁷Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas W. R. Supratman

*Email: mohainulfais@unipra.ac.id

ABSTRAK

Kajian Value Engineering (VE) masih sering mencampurkan domain sistem, metode, dan luaran, sehingga frekuensi pelaporan mudah disalahartikan sebagai efektivitas. Penelitian ini mengaudit ulang keterlacakan korpus dan menyusun peta bukti yang memisahkan domain, tahap siklus hidup, metode, kontribusi, dan kekuatan bukti. Sepuluh ekspor RIS Crossref melalui Publish or Perish pada 28 Juli 2026 menghasilkan 9.607 rekaman. Deduplikasi DOI dan judul menyisakan 8.900 rekaman unik, termasuk 5.686 artikel jurnal periode 2020–2026. Audit menunjukkan 39 dari 80 DOI korpus analitis ditemukan kembali dalam ekspor RIS, sedangkan 41 DOI ditelusuri sebagai rekaman tambahan dari korpus lama. Korpus 80 artikel kemudian diklasifikasikan ke dalam delapan domain sistem. Bangunan dan konstruksi mendominasi 27 artikel, diikuti proyek, organisasi, rantai pasok, dan layanan sebanyak 14 artikel. Kontribusi yang paling sering dilaporkan ialah biaya, kualitas keputusan, dan fungsi teknis. Angka tersebut menunjukkan frekuensi pelaporan, bukan besar efek. Bukti didominasi studi kasus tunggal, survei, simulasi, dan kerangka konseptual. Bukti pascaimplementasi yang terverifikasi masih terbatas. Kebaruan kajian terletak pada integrasi domain, metode, tahap penerapan, indikator luaran, dan tingkat bukti dalam satu peta analitis.

Kata Kunci: Value Engineering, systematic literature review, sistem teknik, kualitas bukti, siklus hidup, pemetaan kontribusi

ABSTRACT

Value Engineering (VE) reviews often combine system domains, methods, and outcomes, which can cause reporting frequencies to be misread as effectiveness. This study audits corpus traceability and develops an evidence map separating domains, life-cycle stages, methods, contributions, and evidence strength. Ten Crossref RIS exports retrieved through Publish or Perish on 28 July 2026 yielded 9,607 records. DOI and title deduplication produced 8,900 unique records, including 5,686 journal articles published in 2020–2026. The audit found that 39 of the 80 analytical-corpus DOIs were retrieved in the RIS exports, while 41 were traced as supplementary records from the legacy corpus. The 80 articles were classified into eight engineering-system domains. Buildings and construction dominated with 27 articles, followed by project, organizational, supply-chain, and service systems with 14. Cost, decision quality, and technical function were the most frequently reported contributions. These values represent reporting frequencies rather than effect sizes. Evidence was dominated by single-case studies, surveys, simulations, and conceptual frameworks, while verified post-implementation evidence remained limited. The study contributes an integrated analytical map linking domain, method, implementation stage, outcome indicator, and evidence level.

Keywords: Value Engineering, systematic literature review, engineering systems, evidence quality, life cycle, contribution mapping

1. Pendahuluan

Value Engineering (VE) merupakan pendekatan sistematis yang menggunakan analisis fungsi untuk meningkatkan hubungan antara manfaat, kinerja, dan sumber daya. VE tidak identik dengan pengurangan biaya. Pengurangan biaya hanya menciptakan nilai apabila fungsi wajib, kualitas, keselamatan, dan kebutuhan pengguna tetap terpenuhi. Dalam kajian ini, value didefinisikan secara operasional sebagai tingkat pemenuhan fungsi dan kinerja yang relevan terhadap biaya siklus hidup, risiko, serta dampak lingkungan dan stakeholder. Definisi tersebut menjadi dasar pengodean kontribusi, sehingga biaya, fungsi, kualitas, keberlanjutan, dan kapabilitas organisasi tidak diperlakukan sebagai luaran yang terpisah tanpa hubungan.

Value Analysis (VA), Value Engineering (VE), dan Value Management (VM) memiliki irisan, tetapi berbeda pada objek dan tingkat keputusan. VA terutama mengevaluasi produk atau proses yang telah tersedia. VE mengembangkan atau membandingkan alternatif pada tahap desain, perencanaan, atau perbaikan sistem. VM mengatur tujuan nilai, kebutuhan stakeholder, tata kelola, dan keputusan pada tingkat proyek atau organisasi. Perbedaan ini penting karena artikel yang hanya membahas customer value, market value, value chain, atau earned value tidak otomatis termasuk apabila tidak menggunakan analisis fungsi atau kerangka VA, VE, atau VM (Brondoni, 2024).

Tabel 1. Batas konseptual dan definisi operasional value

Konsep	Fokus utama	Tahap dominan	Batas operasional dalam kajian
Value Analysis	Evaluasi fungsi dan biaya objek yang sudah ada	Operasi, evaluasi, redesain	Disertakan jika fungsi, alternatif, dan biaya/kinerja dianalisis secara eksplisit
Value Engineering	Penciptaan alternatif untuk meningkatkan nilai	Perencanaan, desain, perbaikan	Menjadi konsep inti dan menghubungkan fungsi dengan biaya, kinerja, risiko, atau dampak
Value Management	Tata kelola nilai dan kebutuhan stakeholder	Strategi, program, proyek, organisasi	Disertakan jika berbasis analisis fungsi atau proses nilai, bukan sekadar istilah value
Value	Pemenuhan fungsi dan kinerja relatif terhadap sumber daya dan dampak	Seluruh siklus hidup	Dikodekan melalui biaya siklus hidup, fungsi, kualitas, waktu, lingkungan, risiko, organisasi, dan stakeholder

Literatur mutakhir memperlihatkan perluasan VE dari proyek konstruksi menuju keberlanjutan, digitalisasi, pengembangan produk, organisasi, utilitas, pertanian, pertambangan, dan rantai pasok. Pada konstruksi, VE berkembang melalui evaluasi alternatif struktur, material, metode pelaksanaan, dan biaya siklus hidup (Chen et al., 2022; Chen et al., 2025). Pada sistem digital, BIM, otomasi, dan representasi fungsi digunakan untuk mengintegrasikan data desain, biaya, energi, serta keputusan (Al-Gahtani, 2022; Woodhead & Berawi, 2022). Pada produk, QFD dan analisis fungsi menghubungkan kebutuhan konsumen dengan alternatif desain (Safi'i et al., 2020). Perluasan tersebut menunjukkan value creation yang multidimensi, tetapi juga menimbulkan masalah klasifikasi dan perbandingan bukti.

Review terdahulu umumnya berfokus pada konstruksi, otomasi BIM, atau satu negara. Keterbatasan utamanya ialah belum adanya pemisahan yang konsisten antara domain sistem, metode penelitian, tahap siklus hidup, indikator kontribusi, dan kekuatan bukti. Selain itu, frekuensi artikel yang melaporkan penghematan sering dibaca sebagai ukuran efektivitas, padahal persentase tersebut hanya menunjukkan berapa banyak

artikel yang melaporkan luaran tertentu. Penelitian ini menjawab tiga pertanyaan: bagaimana distribusi domain dan tahap penerapan VE; metode serta teknik integratif apa yang digunakan; dan kontribusi apa yang dilaporkan menurut kekuatan buktinya. Tujuannya ialah menyusun peta bukti integratif yang lebih transparan dan mengidentifikasi agenda penelitian lintas sistem.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain, unit analisis, dan kriteria

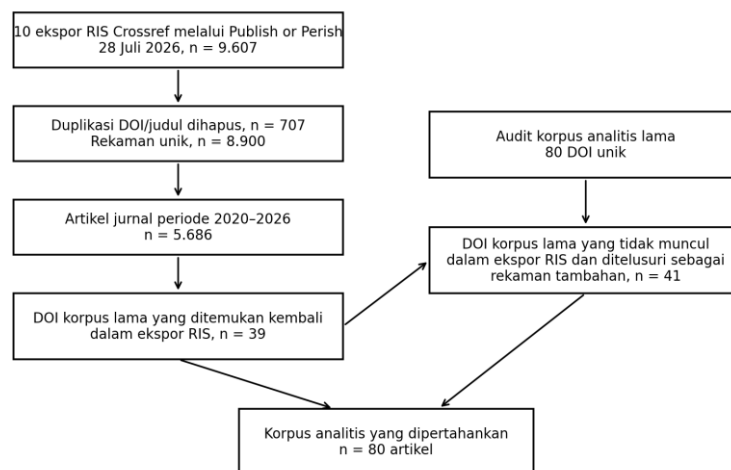
Penelitian menggunakan systematic literature review dengan pelaporan seleksi merujuk pada PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Unit analisis ialah artikel jurnal 2020–2026 yang menempatkan VE, VA, atau VM berbasis analisis fungsi sebagai konsep utama. Sistem teknik didefinisikan sebagai produk, proses, proyek, infrastruktur, utilitas, organisasi teknik, manufaktur, energi, transportasi, pertanian teknik, pertambangan, rantai pasok, layanan teknik, atau sistem digital yang memiliki fungsi, batas sistem, input, proses, dan luaran yang dapat dievaluasi.

Artikel disertakan apabila memiliki DOI, dapat ditelusuri, membahas fungsi, alternatif, biaya, kinerja, risiko, lingkungan, atau stakeholder secara substantif, dan menyediakan informasi untuk menjawab sekurang-kurangnya satu pertanyaan penelitian. Artikel dikeluarkan apabila istilah value digunakan dalam arti statistik, market value, boundary value, value chain, customer value murni, atau earned value tanpa kerangka VE; bukan artikel jurnal; berada di luar periode; merupakan duplikasi; atau tidak menyediakan informasi yang memadai. Jumlah akhir tidak ditetapkan sebagai kuota.

2.2 Audit penelusuran dan keterlacakan korpus

Audit dilakukan terhadap sepuluh file RIS yang mewakili jalur pencarian BIM, sustainability, Value Analysis, Value Management, function analysis, cost optimization, Life Cycle Cost, AHP, MCDM, dan Lean. Seluruh file mencatat tanggal pencarian 28 Juli 2026 dan berasal dari metadata Crossref melalui Publish or Perish. Gabungan file memuat 9.607 rekaman. Audit metadata dilakukan dengan Python 3. DOI dinormalisasi menjadi huruf kecil, awalan URL DOI dihapus, dan tanda baca pada bagian akhir dibersihkan. Judul dinormalisasi melalui penyamaan huruf, penghilangan tanda baca, dan pemadatan spasi. Deduplikasi menggunakan DOI sebagai kunci utama dan judul ternormalisasi sebagai kunci pengganti ketika DOI tidak tersedia. Prosedur tersebut menghasilkan 8.900 rekaman unik. Setelah jenis publikasi dibatasi pada journal-article dan tahun publikasi dibatasi pada 2020–2026, terdapat 5.686 artikel jurnal.

Audit menemukan bahwa 39 DOI dalam korpus analitis lama muncul kembali pada ekspor RIS, sedangkan 41 DOI tidak ditemukan dan ditelusuri sebagai rekaman tambahan dari daftar korpus lama. Dokumentasi naskah terdahulu menyebutkan penggunaan field Title words “value engineering” dan sepuluh istilah pada field Keywords, tetapi versi Publish or Perish, tangkapan layar parameter, jumlah hasil per subpencarian, serta log keputusan judul, abstrak, dan full text tidak tersimpan. Oleh sebab itu, kajian ini tidak mengklaim bahwa 80 artikel merupakan keluaran alami dari satu alur pencarian 9.607 rekaman. Revisi memisahkan audit penelusuran terkini dari audit korpus lama. Langkah tersebut menghapus kesan bahwa artikel dikeluarkan lalu diganti untuk mempertahankan kuota. Korpus 80 artikel diperlakukan sebagai korpus analitis warisan yang masih memerlukan audit ulang dua penilai sebelum pengiriman ulang.



Gambar 1. Audit keterlacakan penelusuran dan korpus analitis

2.3 Pengodean, codebook, dan kekuatan bukti

Pengodean memisahkan lima dimensi. Pertama, domain ditetapkan berdasarkan objek sistem utama, bukan kata kunci pencarian. Kedua, metode utama diklasifikasikan berdasarkan desain penelitian. Ketiga, tahap penerapan dibedakan menjadi konseptual, perencanaan/desain, konstruksi/implementasi, operasi/pemeliharaan, dan siklus hidup penuh. Keempat, kontribusi dikodekan secara multi-label. Kelima, kekuatan bukti dibedakan antara konseptual/review, survei atau workshop, simulasi/model, implementasi yang dilaporkan, dan hasil pascaimplementasi yang diverifikasi.

Tabel 2. Ringkasan codebook pengodean

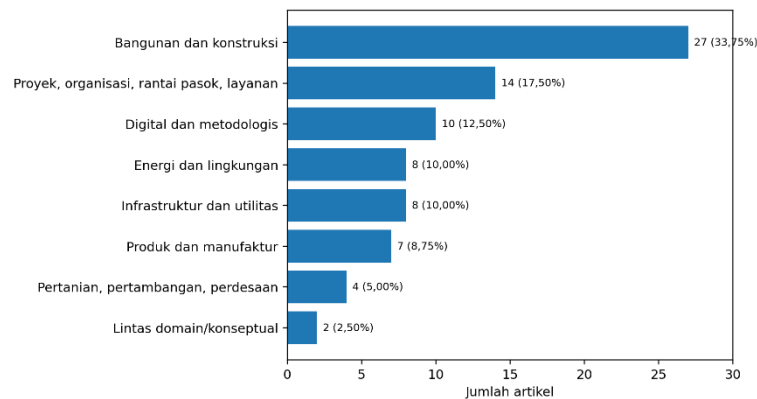
Dimensi	Kategori utama	Aturan pengodean
Domain sistem	Bangunan; proyek/organisasi/rantai pasok/layanan; digital/metodologis; energi/lingkungan; infrastruktur/utilitas; produk/manufaktur; pertanian/pertambangan/perdesaan; lintas domain	Satu domain utama berdasarkan objek yang diintervensi
Metode	Kasus teknis-ekonomis; survei; mixed methods; eksperimen/simulasi; review; konseptual/kerangka; design research	Satu metode utama; keterbatasan pelaporan dicatat sebagai atribut kualitas, bukan metode
Tahap	Konseptual; desain; implementasi; operasi/pemeliharaan; siklus hidup penuh	Tahap yang benar-benar dianalisis, bukan tahap yang hanya disebut
Keberlanjutan	Energi; karbon/emisi; material/limbah; air; ekonomi siklus hidup	Istilah sustainability tanpa indikator terukur tidak dikodekan sebagai bukti lingkungan
Kontribusi	Biaya; fungsi; keputusan; kualitas; waktu; lingkungan; digital; organisasi; stakeholder; risiko/keselamatan/resiliensi	Multi-label berdasarkan luaran yang dilaporkan
Kekuatan bukti	Konseptual/review; survei/workshop; simulasi/model; implementasi dilaporkan; pascaimplementasi terverifikasi	Klaim penulis dipisahkan dari hasil aktual setelah implementasi

Arsip penelitian tidak menyimpan skor independen dua pengode, log konsensus, atau koefisien reliabilitas. Oleh sebab itu, revisi ini tidak melaporkan Cohen's kappa atau skor quality appraisal yang direkonstruksi. Kualitas memengaruhi sintesis melalui pembatasan klaim: studi konseptual digunakan untuk kerangka dan agenda; survei digunakan untuk persepsi dan faktor adopsi; simulasi mendukung kelayakan model; studi kasus mendukung pola implementasi pada konteks tertentu; dan hanya bukti pascaimplementasi yang dapat mendukung klaim kinerja aktual. Ketidadaan log antarpemilai dicatat sebagai keterbatasan yang harus diselesaikan sebelum pengiriman ulang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Distribusi domain dan bias cakupan

Reklasifikasi 80 artikel berdasarkan objek sistem menghasilkan delapan domain. Bangunan dan konstruksi mencakup 27 artikel atau 33,75%. Kelompok proyek, organisasi, rantai pasok, dan layanan mencakup 14 artikel atau 17,50%. Digital dan metodologis berjumlah 10 artikel, energi dan lingkungan delapan, infrastruktur dan utilitas delapan, produk dan manufaktur tujuh, pertanian, pertambangan, dan perdesaan empat, serta kajian lintas domain dua artikel.



Gambar 2. Distribusi domain sistem pada korpus 80 artikel

Dominasi bangunan dan konstruksi didukung oleh ketersediaan bill of quantities, alternatif desain, serta ukuran fungsi-biaya yang relatif mudah dibandingkan. Korpus mencakup bangunan hijau, rumah sakit, perumahan, struktur, material, rehabilitasi, dan konstruksi pendidikan (Adriyatno, 2022; Al-Muaybid et al., 2022; Asa et al., 2025; Bangun et al., 2024; Chamzawi et al., 2025; Chen et al., 2022, 2025; Elhegazy, 2022; Elrefaie et al., 2026; Elzarka, 2023; Haryanto, 2023; Hazairin, 2025; Komarudin et al., 2021; Natalia et al., 2022; Pratama, 2026; Ratnaningsih et al., 2025; Riyanto et al., 2026; Salman Faruq et al., 2024; Salsabila et al., 2024; Sharma & Srikonda, 2021; Shonata et al., 2024; Sihite & Setiawan, 2024; Suwandari & Mirnayani, 2021; Youssef et al., 2023; Zaki et al., 2021; Zaki & Hagag, 2023; Zu & Zhang, 2025).

Cakupan nonbangunan tetap terlihat, tetapi lebih terbatas. Infrastruktur dan utilitas mencakup drainase, terowongan, jaringan pompa, jalan, pemeliharaan, kapal LNG, dan jembatan pipa (Abdelsalam, 2025; Bi et al., 2022; Cobbe & McDermott, 2022; Danku & Antwi, 2020; Gabr et al., 2024; Hussein et al., 2024; Wibisana & Budiyo, 2021; Zulkifli & T, 2020). Produk dan manufaktur mencakup QFD, pangan, kemasan, furnitur, rumah pintar, dan kursi tunggu (Al-Adhami & Alrawi, 2022; Alfirmsyah et al., 2022; Amri et al., 2021; Arika & Murnawan, 2024; Darmawan et al., 2021; Gunawan et al., 2024; Safi'i et al., 2020). Pertanian, pertambangan, dan sistem perdesaan mencakup

smart agri-region, alokasi air irigasi, evakuasi alat berat, dan revitalisasi perdesaan (Pastor et al., 2025; Shanono & Nasidi, 2022; Soerjodibroto & Putri, 2024; Zhu et al., 2021).

Distribusi tersebut tidak dapat dibaca semata-mata sebagai tingkat kematangan bidang. Strategi pencarian yang berpusat pada istilah VE cenderung menangkap literatur konstruksi, sedangkan manufaktur dan layanan sering menggunakan istilah VA, target costing, DFMA, product redesign, atau service value. Dengan demikian, dominasi konstruksi mencerminkan kombinasi antara praktik bidang dan bias terminologi. Keterbatasan ini harus dinyatakan sebagai coverage bias, bukan sebagai bukti bahwa VE jarang digunakan pada sistem energi, rantai pasok, manufaktur, atau layanan.

3.2 Metode, tahap siklus hidup, dan teknik integratif

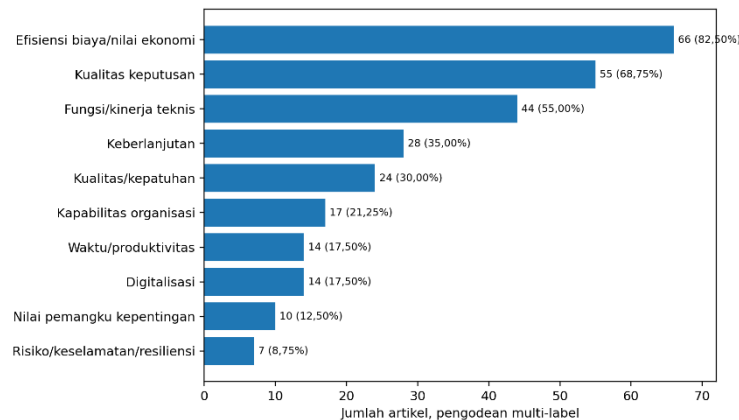
Studi kasus teknis-ekonomis tetap menjadi desain paling sering dilaporkan, yaitu 25 artikel atau 31,25%. Review dan content analysis berjumlah 10 artikel, konseptual dan pengembangan kerangka 10, survei kuantitatif delapan, mixed methods tujuh, eksperimen atau simulasi tujuh, dan design research empat. Sembilan artikel memiliki pelaporan metode terbatas. Berbeda dari naskah lama, pelaporan terbatas tidak ditempatkan sebagai kelas metode kedelapan, tetapi sebagai atribut kualitas yang membatasi penggunaan temuannya.

Tahap desain dan perencanaan mendominasi karena VE umumnya digunakan ketika alternatif masih dapat diubah. Studi bangunan dan infrastruktur banyak membandingkan material, sistem struktur, metode pelaksanaan, dan rancangan utilitas. Tahap operasi dan pemeliharaan muncul pada efisiensi bangunan eksisting, jaringan pompa, pemeliharaan jalan, irigasi, dan pengelolaan aset. Perspektif siklus hidup penuh masih terbatas pada studi yang mengintegrasikan LCC, karbon, energi, atau pengambilan keputusan digital.

Teknik integratif memperluas fungsi VE. FAST dan function analysis mendefinisikan fungsi wajib dan pendukung. Pareto dan cost model mengidentifikasi biaya dominan. LCC menggeser keputusan dari biaya awal menuju biaya siklus hidup. AHP dan MCDM meningkatkan transparansi pembobotan. QFD menghubungkan kebutuhan pengguna dengan atribut desain. BIM dan otomasi mengintegrasikan data desain, biaya, karbon, dan evaluasi alternatif (Gumede & Hattingh, 2020; Heidary Dahooie et al., 2020; Li et al., 2021; Meselhy, 2022; Nejatyan et al., 2023; Sobh et al., 2024). Namun, ketergantungan pada bobot ahli, asumsi biaya, kualitas data, dan interoperabilitas belum selalu diuji melalui analisis sensitivitas.

3.3 Pemetaan kontribusi lintas sistem

Hasil pengodean multi-label pada korpus lama mencatat kontribusi biaya pada 66 artikel, kualitas keputusan pada 55 artikel, fungsi atau kinerja teknis pada 44 artikel, keberlanjutan pada 28 artikel, kualitas atau kepatuhan pada 24 artikel, kapabilitas organisasi pada 17 artikel, waktu atau produktivitas pada 14 artikel, digitalisasi pada 14 artikel, stakeholder value pada 10 artikel, serta risiko, keselamatan, atau resiliensi pada tujuh artikel. Persentase 82,50% untuk kontribusi biaya berarti 66 dari 80 artikel melaporkan luaran biaya. Angka tersebut tidak menunjukkan VE menghasilkan efektivitas biaya sebesar 82,50%.



Gambar 3. Frekuensi kontribusi yang dilaporkan, bukan ukuran efek

Tabel 3. Integrative evidence map domain metode tahap kontribusi bukti

Domain	n	Metode dominan	Tahap dominan	Indikator luaran utama	Profil bukti
Bangunan dan konstruksi	27	Kasus teknis-ekonomis, AHP, LCC	Desain dan konstruksi	Biaya, fungsi, kualitas, material	Kasus tunggal; verifikasi pascaimplementasi terbatas
Proyek, organisasi, rantai pasok, layanan	14	Survei, mixed methods, Delphi, kerangka	Program/proyek dan organisasi	Keputusan, kapabilitas, waktu, adopsi	Persepsi, workshop, dan kerangka
Digital dan metodologis	10	BIM, plugin, pemodelan, review	Desain dan dukungan keputusan	Digitalisasi, keputusan, biaya, data Energi, karbon, limbah, air, biaya siklus hidup	Simulasi, kerangka, sebagian kasus
Energi dan lingkungan	8	LCC, penilaian lingkungan, kasus	Desain, operasi, siklus hidup	Biaya, fungsi, risiko, produktivitas	Kasus dan model; indikator belum seragam
Infrastruktur dan utilitas	8	Kasus teknis-ekonomis, MCDM	Desain, operasi, pemeliharaan	Fungsi, biaya, pelanggan	Kasus tunggal
Produk dan manufaktur	7	QFD, design research, eksperimen	Desain dan pengembangan	Sumber daya, produktivitas, risiko	Prototipe dan kasus
Pertanian, pertambangan, perdesaan	4	Kasus, model sistem	Perencanaan dan operasi	Definisi, tren, gap	Kasus terbatas
Lintas domain/konseptual	2	Review dan konseptual	Tidak spesifik		Bukti konseptual

Pada energi dan lingkungan, istilah sustainability hanya dikodekan sebagai bukti apabila artikel melaporkan indikator yang dapat diidentifikasi. Indikator tersebut meliputi energi bangunan eksisting, photovoltaic, embodied carbon, limbah dan material daur ulang, efisiensi air, GREENSHIP, serta biaya siklus hidup (Abdalraouf et al., 2021; Al-Anzi, 2022; Ali, 2025; Husin et al., 2021; Ismaeil, 2024; Robati et al., 2021; Sutikno et al., 2024, 2025). Studi yang hanya menggunakan istilah keberlanjutan tanpa ukuran tidak diperlakukan setara dengan studi yang mengukur energi, karbon, material, limbah, air, atau ekonomi siklus hidup.

Pada sistem digital, BIM dan otomasi mendukung integrasi data serta evaluasi alternatif, tetapi sebagian bukti masih berupa kerangka, review, atau kasus terbatas (Al-Gahtani, 2022; Elsayed et al., 2024; Gomaa, 2025b; Khan et al., 2025, 2026a, 2026b; Li et

al., 2021; Wei & Chen, 2020; Woodhead & Berawi, 2022; Zaidi et al., 2023). Pada organisasi dan proyek, keberhasilan dipengaruhi dukungan manajemen, budaya, kompetensi, workshop, serta otoritas pengambilan keputusan (Abdelrahman & Nassar, 2024; Bioku & Ataguba, 2025; Emam et al., 2025; Gomaa, 2025a; Jigan, 2022; Masengesho et al., 2021; Mobarak & Aboelmagd, 2021; Nakbi et al., 2025; Sewdayal & Pellissier, 2024). Temuan tersebut menegaskan bahwa value creation tidak hanya berasal dari teknik hitung, tetapi juga dari tata kelola keputusan.

3.4 Kekuatan bukti dan kebaruan

Kontribusi yang dilaporkan artikel primer dipisahkan dari kontribusi yang telah diverifikasi setelah implementasi. Studi konseptual dan review menjelaskan mekanisme dan agenda, tetapi tidak membuktikan hasil. Survei dan workshop mengukur persepsi atau keputusan tim. Simulasi dan model menunjukkan kelayakan alternatif berdasarkan asumsi. Studi kasus melaporkan hasil pada satu konteks. Bukti pascaimplementasi memerlukan data aktual setelah sistem beroperasi, pembandingan yang jelas, dan periode observasi. Arsip ekstraksi yang tersedia belum cukup untuk mengonfirmasi level terakhir secara konsisten. Oleh sebab itu, kesimpulan dibatasi pada pola pelaporan dan distribusi bukti, bukan efek kausal.

Kebaruan kajian ini tidak terletak pada klaim bahwa VE lintas sektor belum pernah ditinjau. Kontribusinya terletak pada integrasi lima lapisan analisis dalam satu evidence map: domain sistem, metode utama, tahap siklus hidup, indikator kontribusi, dan kekuatan bukti. Struktur tersebut menunjukkan bahwa kontribusi biaya dan fungsi terkonsentrasi pada kasus bangunan dan infrastruktur; outcome organisasi banyak berasal dari survei dan kerangka; outcome digital banyak didukung simulasi dan kasus; sedangkan indikator lingkungan belum memiliki standar yang seragam. Hubungan ini tidak terlihat apabila tema, metode, dan kontribusi hanya dilaporkan sebagai frekuensi terpisah.

3.5 Keterbatasan kajian

Kajian memiliki empat keterbatasan. Pertama, log historis skrining dan alasan eksklusi per artikel tidak tersedia, sehingga audit 9.607 rekaman tidak dapat digunakan untuk merekonstruksi seluruh keputusan masa lalu. Kedua, 41 DOI korpus lama tidak muncul dalam ekspor RIS terkini, yang menunjukkan ketergantungan pada penelusuran tambahan dan potensi coverage bias. Ketiga, log dua pengode dan reliabilitas antarpemilai tidak tersedia. Keempat, outcome heterogen dan bukti pascaimplementasi terbatas, sehingga meta-analysis dan estimasi efek tidak dilakukan. Seluruh keterbatasan tersebut perlu diselesaikan melalui audit ulang dua reviewer dengan penyimpanan search log, daftar eksklusi, dan skor konsensus.

Tabel 4. Agenda penelitian spesifik menurut domain

Domain	Agenda prioritas
Energi dan lingkungan	Integrasi VE dengan LCA dan LCC; indikator energi, karbon, air, limbah, circularity; validasi sepanjang siklus hidup
Manufaktur dan produk	Integrasi VA/VE dengan DFMA, target costing, digital manufacturing, circular design, dan data pelanggan
Layanan dan product-service systems	Pengukuran value bagi pelanggan, operator, dan mitra; biaya layanan; reliabilitas; pengalaman pengguna
Rantai pasok	Risiko, resiliensi, total cost, nilai pemasok, dan transparansi pembobotan MCDM
Bangunan dan infrastruktur	Studi multi-proyek, analisis sensitivitas, data pascaimplementasi, serta evaluasi operasi dan pemeliharaan
Digital	Interoperabilitas, validitas data, audit model, digital twin, tata kelola AI, dan keterlacakan keputusan

4. Kesimpulan

Audit menunjukkan bahwa penelusuran terkini terdiri atas 9.607 rekaman, 8.900 rekaman unik, dan 5.686 artikel jurnal periode 2020–2026. Hanya 39 DOI dari korpus 80 artikel yang ditemukan kembali dalam ekspor RIS, sedangkan 41 DOI berasal dari penelusuran tambahan korpus lama. Temuan ini menegaskan bahwa riwayat seleksi tidak boleh disederhanakan sebagai satu alur PRISMA atau dipertahankan melalui penggantian artikel untuk memenuhi kuota.

Reklasifikasi berdasarkan batas sistem menghasilkan delapan domain. Bangunan dan konstruksi mendominasi, tetapi penerapan juga mencakup organisasi, digitalisasi, energi, lingkungan, utilitas, manufaktur, pertanian, pertambangan, dan layanan. Kontribusi biaya, kualitas keputusan, dan fungsi paling sering dilaporkan. Frekuensi tersebut bukan ukuran efektivitas. Sebagian besar bukti berasal dari studi kasus tunggal, survei, simulasi, dan kerangka konseptual. Bukti pascaimplementasi dan longitudinal masih terbatas.

Kontribusi ilmiah kajian terletak pada evidence map yang menghubungkan domain, metode, tahap siklus hidup, indikator kontribusi, dan kekuatan bukti. Peta ini membantu membedakan klaim konseptual, hasil simulasi, keputusan workshop, implementasi yang dilaporkan, dan kinerja aktual. Sebelum pengiriman ulang, audit dua reviewer perlu dilakukan untuk merekonstruksi alasan eksklusi, memverifikasi pengodean full text, dan menghitung reliabilitas antarpemilai.

5. Daftar Pustaka

- Abdalraouf, M., Mohamed, I., & Elders, M. (2021). The Role of Value Engineering in Improving the Energy Efficiency of Existing Buildings. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector*, 16(60), 893–909. <https://doi.org/10.21608/aej.2021.187987>
- Abdelrahman, S. A., & Nassar, A. H. (2024). Integrating theory and practice in value engineering within Egypt's construction industry. *Journal of Engineering and Applied Science*, 71(1), 188. <https://doi.org/10.1186/s44147-024-00526-3>
- Abdelsalam, M. (2025). Enhancing storm drainage systems for road networks by applying Value Engineering: Case study. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector*, 20(74), 113–128. <https://doi.org/10.21608/aej.2024.313476.1703>
- Adriyatno, J. (2022). Analisis biaya perubahan spesifikasi fasad green building dengan metode Value Engineering. *NALARs*, 21(1), 57. <https://doi.org/10.24853/nalars.21.1.57-66>
- Al-Adhami, Z. M. A., & Alrawi, M. A. K. H. (2022). Improving Customer Value Through the Integral of Techniques Quality Function Deployment and Value Engineering. *Journal of Economics and Administrative Sciences*, 28(134), 57–80. <https://doi.org/10.33095/jeas.v28i134.2421>
- Al-Anzi, F. S. (2022). Building a planter system using waste materials using value engineering environmental assessment. *Scientific Reports*, 12(1), 2344. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05300-0>
- Al-Gahtani, K. S. A. (2022). Review Current Value Engineering Studies Towards Improve Automation within Building Information Management (BIM). *International Journal of Civil Engineering*, 9(2), 1–9. <https://doi.org/10.14445/23488352/ijce-v9i2p101>
- Al-Muaybid, A. I., Abdulghafour, A., & Mlybari, E. A. (2022). Value Engineering Role in Construction Sustainability During COVID-19 Pandemic in KSA. *Indian Journal of Science and Technology*, 15(12), 518–526. <https://doi.org/10.17485/ijst/v15i12.2293>
- Alfirmansyah, A., Hidayat, K., & Fahkry, M. (2022). Product Development of Boran Rice Using the Value Engineering Method. *PROZIMA (Productivity, Optimization and*

- Manufacturing System Engineering), 6(1), 60–71.
<https://doi.org/10.21070/prozima.v6i1.1561>
- Ali, M. M. (2025). Integrating Value Engineering with environmental sustainability: A case study of Al-Azhar Park, Cairo. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector*, 20(77), 1155–1172. <https://doi.org/10.21608/aucej.2025.363974.1790>
- Amri, A., Fatimah, F., & Inda, K. (2021). Rancangan kemasan camilan akar kelapa pada UD. Angsa Dua dengan menggunakan metode Value Engineering. *Industrial Engineering Journal*, 10(2). <https://doi.org/10.53912/iej.v10i2.677>
- Arika, W., & Murnawan, H. (2024). Upaya Peningkatan Pembuatan Sofa dengan Memperhatikan Value Added dan Value Engineering. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(2), 1116–1128. <https://doi.org/10.31004/jutin.v7i2.28071>
- Asa, M. F., Iskandar, S., Karim, S. B. B. A., & Berawi, M. A. (2025). Cost-Saving Strategy Using Value Engineering Analysis on Basement Construction Work. *International Journal of Technology*, 16(6), 2194. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v16i6.7322>
- Bangun, D. C. K., Purwantoro, A., & Dewantoro. (2024). Optimalisasi Proyek Rehabilitasi dengan Metode Value Engineering: Studi Kasus Perencanaan TK. Bakuwu Kota Palangka Raya. *Jurnal Saintis*, 24(02), 73–82. [https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24\(02\).18810](https://doi.org/10.25299/saintis.2024.vol24(02).18810)
- Bi, W., Wang, W., Wang, R., & Cui, Z. (2022). Comparison and Selection of Sewage Deep Tunnel Engineering Schemes Based on Value Engineering. *Value, Function, Cost*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.54517/vfc.v2i2.2582>
- Bioku, O. J., & Ataguba, J. O. (2025). The Deployment of Value Workshop Objectives to evaluate Value Engineering Awareness and Proficiency among Construction and Allied Professionals. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 12(1), 87–99. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v12.n1.1298>
- Brondoni, S. M. (2024). Value Analysis, Value Engineering and Value Management in Global Competition. *Symphonya. Emerging Issues in Management*(1), 10–21. <https://doi.org/10.4468/2024.1.02brondoni>
- Chamzawi, C., Wibowo, K., & Sumirin, S. (2025). Penerapan Value Engineering proyek pembangunan gedung kuliah 12 lantai. *Jurnal Kajian Ruang*, 5(2), 151. <https://doi.org/10.30659/jkr.v5i2.45178>
- Chen, W. T., Merrett, H. C., Chen, H. L., Rantelembang, M. B., & Foeh, M. E. Y. D. (2025). Value engineering in construction: a systematic review of applications and research trends. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(13), 477–500. <https://doi.org/10.1108/ecam-07-2025-1086>
- 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), 2324277. <https://doi.org/10.1155/2022/2324277>
- Cobbe, A., & McDermott, R. (2022). A Value Engineering Analysis of Head Loss in Pumping Mains. *Engineering*, 14(12), 613–631. <https://doi.org/10.4236/eng.2022.1412046>
- Danku, J. C., & Antwi, P. A. (2020). Perceived Benefits of Using Value Engineering on Road Projects in Ghana. *World Journal of Engineering and Technology*, 08(02), 217–236. <https://doi.org/10.4236/wjet.2020.82018>
- Darmawan, M. I., Kiptiah, M., Ilmannafian, A. G., & Safitri, M. (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>
- Elhegazy, H. (2022). State-of-the-art review on benefits of applying value engineering for multi-story buildings. *Intelligent Buildings International*, 14(5), 544–563. <https://doi.org/10.1080/17508975.2020.1806019>

- Elrefaie, E. T., Elmenshawy, A., & Elashkar, N. (2026). Value Engineering: Challenges in architecture design process. *Journal of Al-Azhar University Engineering Sector*, 21(78), 29–45. <https://doi.org/10.21608/aej.2026.392060.1852>
- Elsayed, A. M., Abdelalim, A. M., Elhakeem, A., & Said, S. O. M. (2024). A Proposed Framework for The Integration of Value Engineering and Building Information Modeling. *Engineering Research Journal*, 182(2), 322–340. <https://doi.org/10.21608/erj.2024.359250>
- Elzarka, H. (2023). Advanced Tools for Enhancing Value Engineering and Constructability of Structural Systems. *International Journal of Advances in Structural and Geotechnical Engineering*, 07(03), 1–7. <https://doi.org/10.21608/asge.2023.481629>
- Emam, M., El-Attar, S. M. S., & Mohammed, A. B. (2025). Enhancing Value and Efficiency in Egyptian Construction Projects: A Framework for Contractor Performance Assessment Using Value Engineering. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 53(3), 306–318. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2025.348877.1406>
- Gabr, S., Saleh, M., Hussein, A., & Wefki, H. (2024). A Framework of Integrated Sustainability and Value Engineering Concepts for Roads Projects. *Port-Said Engineering Research Journal*, 28(3), 18–33. <https://doi.org/10.21608/pserj.2024.270293.1319>
- Gomaa, A. H. (2025a). Advancing project management excellence: A comprehensive framework integrating Value Engineering, Lean Six Sigma, and proven best practices. *Value, Function, Cost*, 5(1), 3731. <https://doi.org/10.54517/vfc.v5i1.3731>
- Gomaa, A. H. (2025b). Value Engineering in the Era of Industry 4.0 (VE 4.0): A Comprehensive Review, Gap Analysis, and Strategic Framework. *International Journal of Natural-Applied Sciences and Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.22399/ijnasen.22>
- Gumede, N. P., & Hattingh, T. (2020). Establishing a selection framework for a Lean and Value Engineering hybrid methodology. *South African Journal of Industrial Engineering*, 31(4), 32–45. <https://doi.org/10.7166/31-4-2299>
- Gunawan, G., Petty, R., Sari, M., & Berawi, M. A. (2024). Value Adding Design Functions for Smart Homes: A Value Engineering Approach. *Civil Engineering and Architecture*, 12(3A), 2149–2158. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.121316>
- Haryanto. (2023). Penerapan Value Engineering Untuk Meminimalisir Faktor Penyebab Adanya Sisa Material Konstruksi. *Jurnal Civil Engineering Study*, 3(01), 61–71. <https://doi.org/10.34001/ces.03012023.7>
- Hazairin, M. (2025). Perbandingan Biaya Konstruksi Antara Metode Aktual Dan Value Engineering Pada Proyek Perumahan CV. Majas Di Banjarmasin. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 13(3), 243–255. <https://doi.org/10.33084/mits.v13i3.10469>
- Heidary Dahooie, J., Hosseini Dehshiri, S. J., Banaitis, A., & Binkyte-Vėlienė, A. (2020). Identifying and prioritizing cost reduction solutions in the supply chain by integrating Value Engineering and gray multi-criteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(6), 1311–1338. <https://doi.org/10.3846/tede.2020.13534>
- Husin, A. E., Karolina, T., Rahmawati, D. I., & Abdillah, C. F. (2021). Increasing Value of Façade at Green Hotel Building Based on Value Engineering. *The Open Civil Engineering Journal*, 15(1), 398–405. <https://doi.org/10.2174/1874149502115010398>
- Hussein, A., Saleh, M., Gabr, S., & Wefki, H. (2024). Integrated Factors Affecting Sustainability and Value Engineering for Egyptian Road Maintenance Projects. *Port-Said Engineering Research Journal*, 28(2), 81–92. <https://doi.org/10.21608/pserj.2024.253453.1296>

- Ismaeil, E. M. H. (2024). Sustainability-Based Value Engineering Management as an Integrated Approach to Construction Projects. *Buildings*, 14(4), 903. <https://doi.org/10.3390/buildings14040903>
- Jigan, T. H. F. (2022). The role of Value Engineering and reverse engineering in achieving competitive advantage: An exploratory study. *Economic and Administrative Studies Journal*, 1(1), 73–88. <https://doi.org/10.58564/easj/1.1.2022.6>
- Khan, A. M., Alaloul, W. S., Alzubi, K. M., & Musarat, M. A. (2026b). Investigating key factors in the digitalization of value engineering in the Malaysian construction industry. *Journal of Civil Engineering and Management*, 32(4), 605–634. <https://doi.org/10.3846/jcem.2026.25855>
- Khan, A. M., Alaloul, W. S., Musarat, M. A., & Fayyaz, A. M. (2025). Optimizing sustainable alternatives in value engineering Decision-Making through BIM-Integrated plugin automation for buildings. *Ain Shams Engineering Journal*, 16(6), 103373. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2025.103373>
- Khan, A. M., Alaloul, W. S., Musarat, M. A., & Soeung, S. (2026a). Digital Value Engineering for Sustainable Commercial Buildings: A BIM and Life Cycle Cost-Based Decision-Making Framework. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 58(3), 417–441. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2026.58.3.8>
- Komarudin, A., Darjanto, H., & Santosa, R. E. (2021). Analysis Value Engineering fly ash optimum for mass concrete. *The Spirit of Society Journal*, 5(1), 27–32. <https://doi.org/10.29138/scj.v5i1.1434>
- Li, X., Wang, C., & Alashwal, A. (2021). Case Study on BIM and Value Engineering Integration for Construction Cost Control. *Advances in Civil Engineering*, 2021(1), 8849303. <https://doi.org/10.1155/2021/8849303>
- Masengesho, E., Wei, J., Umubyeyi, N., & Niyirora, R. (2021). A Review on the Role of Risk Management (RM) and Value Engineering (VE) Tools for Project Successful Delivery. *World Journal of Engineering and Technology*, 09(01), 109–127. <https://doi.org/10.4236/wjet.2021.91009>
- Meselhy, M. (2022). Bundling the framework for allying Value Engineering and agile management. *Fayoum University Journal of Engineering*, 5(2), 52–62. <https://doi.org/10.21608/fuje.2022.165620.1020>
- Mobarak, W. M., & Aboelmagd, Y. M. R. (2021). Types of Works in Construction Projects in Terms of Effectiveness When Applying Value Engineering in Saudi Arabia. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 49(6), 704–733. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2021.80878.1058>
- Nakbi, A., Cherradi, T., Soulhi, A., & Lamdouar, N. (2025). Critical Success Factors for Enhancing the Value Engineering Studies in Construction Sector in Morocco. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 73(10), 239–256. <https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v73i10p119>
- Natalia, M., Mirani, Z., & Syahputra, J. (2022). Value Engineering of Beam, Column and Slab (Case: Library Building of Bengkalis). *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(1), 32–39. <https://doi.org/10.14710/mkts.v28i1.33982>
- Nejatyan, E., Sarvari, H., Hosseini, S. A., & Javanshir, H. (2023). Determining the Factors Influencing Construction Project Management Performance Improvement through Earned Value-Based Value Engineering Strategy: A Delphi-Based Survey. *Buildings*, 13(8), 1964. <https://doi.org/10.3390/buildings13081964>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Pastor, R., Rodriguez, P. G., Lecuona, A., & Cortés, J. P. (2025). Smart Agri-Region and Value Engineering. *Systems*, 13(6), 430. <https://doi.org/10.3390/systems13060430>
- Pratama, A. R. (2026). Evaluasi penerapan metode Value Engineering dalam peningkatan kualitas konstruksi. *SINERGI: Jurnal Riset Ilmiah*, 3(2), 694–698. <https://doi.org/10.62335/sinergi.v3i2.2366>
- Ratnaningsih, A., Trisiana, A., & Nurhasanah, F. (2025). Penerapan Value Engineering pada pekerjaan arsitektur rumah sakit pendidikan tinggi negeri: Studi kasus proyek pembangunan RSPTN Universitas Jember. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 21(3), 155–169. <https://doi.org/10.25077/jrs.21.3.155-169.2025>
- Riyanto, J., Wahyudi, S. I., & Wibowo, K. (2026). Hospital Building Value Engineering Strategy in Accordance with Building Technical Standards. *Advance Sustainable Science Engineering and Technology*, 8(3), 02603020. <https://doi.org/10.26877/asset.v8i3.2436>
- Robati, M., Oldfield, P., Nezhad, A. A., Carmichael, D. G., & Kuru, A. (2021). Carbon value engineering: A framework for integrating embodied carbon and cost reduction strategies in building design. *Building and Environment*, 192, 107620. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107620>
- Safi'i, I., Widodo, S. R., & Trenggonowati, D. L. (2020). Integration of Quality Function Deployment and Value Engineering: A Case Study On Waiting Chair Products. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(8), 4819–4827. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/120882020>
- Salman Faruq, R., Sri Handayani, F., & Setiono, S. (2024). Implementation of Value Engineering in Bandung Islamic University Hospital Building Construction. *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, 1(4), 11. <https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i4.3125>
- Salsabila, A., Setyowulan, D., & Arifi, E. (2024). Analysis Value Engineering at Work Apartment Building Wall. *ASTONJADRO*, 13(1), 245–250. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v13i1.14713>
- Sewdayal, S., & Pellissier, R. (2024). Developing a Value Engineering model for a state-owned enterprise. *South African Journal of Industrial Engineering*, 35(1), 20–30. <https://doi.org/10.7166/35-1-2972>
- SHANONO, N. J., & NASIDI, N. M. (2022). Application of Value Engineering to Identify and Solve Irrigation Water Allocation Problems. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 3(2), 430–441. <https://doi.org/10.46592/turkager.1191442>
- Sharma, P., & Srikonda, R. (2021). Application of Value Engineering in affordable housing in India. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 8(2), 29–40. <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v8.i2.2021.865>
- 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>
- Sihite, M., & Setiawan, T. H. (2024). Value Engineering Pekerjaan Arsitektur pada Proyek Rumah Sakit X. *Journal of Sustainable Construction*, 3(2), 31–44. <https://doi.org/10.26593/josc.v3i2.7891>
- Sobh, A., Darwish, S., Etman, M., & Elfar, A. (2024). Using Earned Value Management and Value Engineering tools to enhance system productivity: A proposed framework. *Engineering Research Journal*, 183(4), 1–23. <https://doi.org/10.21608/erj.2024.307868.1080>
- Soerjodibroto, M., & Putri, N. G. (2024). Value Engineering application for element analysis of heavy equipment evacuation to get higher activity value. *Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan*, 3(2), 79–84. <https://doi.org/10.15408/jipl.v3i2.29412>

- Sutikno, S., Hardjomuljadi, S., & Wiyanto, H. (2024). Assessment of MICE Green Building Score Utilizing GREENSHIP Rating System: Value Engineering Approach. *EPI International Journal of Engineering*, 7(1), 24–32. <https://doi.org/10.25042/epi-ije.022024.04>
- Sutikno, S., Hardjomuljadi, S., & Wiyanto, H. (2025). Improving the cost performance of green buildings based on soft system methodology and value engineering. *Archives of Civil Engineering*, 71(3), 339–353. <https://doi.org/10.24425/ace.2025.155103>
- Suwandari, Y. D., & Mirnayani, M. (2021). Evaluation of Historical Building Economic Value To Improve Company Revenue With Value Engineering Method. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 23(1), 1–8. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v23i1.25944>
- Ulkhag, M. M., Pramono, S. N. W., Hapsari, C. A. P., & Ahmad, S. R. (2025). Value Engineering Practices in Indonesia: A Systematic Literature Review. *Architecture Image Studies*, 6(3), 1368–1381. <https://doi.org/10.62754/ais.v6i3.460>
- Wei, T., & Chen, Y. (2020). Green building design based on BIM and value engineering. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(9), 3699–3706. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01556-z>
- Wibisana, L. P., & Budiyanto, M. A. (2021). Design and Cost Multi-Objective Optimization of Small-Scale LNG Carriers using the Value Engineering Approach. *International Journal of Technology*, 12(6), 1288. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i6.5192>
- Woodhead, R., & Berawi, M. A. (2022). Evolution of Value Engineering to Automate Invention in Complex Technological Systems. *International Journal of Technology*, 13(1), 80. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i1.4984>
- Youssef, M., AlDeep, S. M. H., & Olwan, M. M. (2023). Value engineering: Case study of Libyan educational buildings. *Alexandria Engineering Journal*, 76, 735–746. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.06.078>
- Zaidi, A. A., Abd-Karim, S. B., Syed Mohamad, S. M., & Yun, H. (2023). Combinative framework for Value Engineering and building information modelling implementation at LOD300 stage. *Planning Malaysia*, 21(29). <https://doi.org/10.21837/pm.v21i29.1356>
- Zaki, M., Omar, N., & Zoair, A. (2021). The Role of Value Engineering in Government Housing Projects in Developing Countries to Improve Value. *International Journal of Environmental Science & Sustainable Development*, 6(2), 01–10. <https://doi.org/10.21625/essd.v6i2.833>
- Zaki, S., & Hagag, A. (2023). The Role of Value Engineering Job Plan in Prioritizing Finishing Flooring Selection Criteria. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 51(6), 522–546. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2023.218613.1238>
- Zhu, B., Hou, R., Xiao, J., & Yan, Q. (2021). Research on performance evaluation of rural revitalization project based on value engineering theory. *Value, Function, Cost*, 1(1), 45. <https://doi.org/10.54517/vfc.v1i1.1604>
- Zu, F., & Zhang, X. (2025). Integrating a DfMA Guideline Matrix to Facilitate Value Engineering Workshops for Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 151(7), 04025083. <https://doi.org/10.1061/jcemd4.coeng-15777>
- Zulkifli, Z., & T, A. (2020). Penerapan Value Engineering terhadap kinerja biaya proyek pemasangan jembatan pipa air minum Banjarnegara. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (CESD)*, 3(2), 86–96. <https://doi.org/10.25105/cesd.v3i2.8550>