Ocean Engineering: Jurnal Ilmu Teknik dan Teknologi Maritim
Volume 5, Nomor 2, Juni 2026
E-ISSN: 2963-5454; p-ISSN: 2963-5012, Hal. 312-321
DOI: https://doi.org/10.58192/ocean.v5i2.5296
Tersedia: https://journal.unimar-amni.ac.id/index.php/ocean

Optimalisasi Waktu dan Biaya melalui *Value Engineering* Substitusi Standar Material Baja pada Proyek EPC

Alde Noverli. Y[1*], Rachmi Yanita[2]
[1-2]Program Studi Program Profesi Insinyur, Institut Teknologi Indonesia, Indonesia
Email : anoverli28@gmail.com[1], rachmi.yanita@iti.ac.id[2]

**Penulis Korespondensi: anoverli28@gmail.com*

Abstract*. The implementation of Engineering, Procurement, and Construction (EPC) projects often encounters logistical and supply chain management challenges, particularly when design specifications strictly adhere to foreign standards not locally available. This research evaluates the application of Value Engineering (VE) to resolve material scarcity in an integrated Central Processing Facility project in East Kalimantan. The initial design mandated Chinese standard (GB) materials, causing an 8-12 week import lead time that threatened the critical path of the lump-sum contract. Through a Technical Deviation Request (TDR), the engineering team proposed substituting GB materials with equivalent Indonesian National Standards (SNI) and ASTM materials. A multi-criteria decision analysis was utilized to ensure structural integrity, verifying the geometric validation and mechanical capacities of local H-Beams and high-strength rebars. The results demonstrate a significant project acceleration of 30 days and a direct cost efficiency of 13% (Rp 1.625 billion). The substitution also reinforced local industry empowerment (TKDN) and minimized the carbon footprint of international logistics, all while strictly adhering to occupational health and safety (HSE) protocols.*

Keywords*: Cost Optimization; EPC Projects; Material Substitution; Supply Chain; Value Engineering*.

Abstrak. Pelaksanaan proyek *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC) sering kali menghadapi tantangan logistik dan rantai pasok, khususnya ketika spesifikasi desain secara ketat mengikuti standar asing yang tidak tersedia di pasar lokal. Penelitian ini mengevaluasi penerapan *Value Engineering* (VE) untuk mengatasi kelangkaan material pada proyek Fasilitas Pemrosesan Pusat terintegrasi di Kalimantan Timur. Desain awal mewajibkan penggunaan material berstandar Tiongkok (GB), yang memicu waktu tunggu impor 8-12 minggu dan mengancam jalur kritis kontrak lump-sum. Melalui Technical Deviation Request (TDR), tim perencana mengajukan substitusi material GB dengan material setara berstandar Standar Nasional Indonesia (SNI) dan ASTM. Analisis keputusan multikriteria digunakan untuk memastikan integritas struktural, memvalidasi geometri dan kapasitas mekanis H-Beam serta baja tulangan lokal. Hasil penelitian menunjukkan akselerasi proyek yang signifikan sebesar 30 hari dan efisiensi biaya langsung sebesar 13% (Rp 1,625 miliar). Substitusi ini juga memperkuat pemberdayaan industri lokal (TKDN) dan meminimalkan jejak karbon dari logistik internasional, dengan tetap mematuhi protokol keselamatan dan kesehatan kerja (K3) secara ketat.

Kata Kunci: Manajemen Rantai Pasok; Optimalisasi Biaya; Proyek EPC; Rekayasa Nilai; Substitusi Material.

1. LATAR BELAKANG

Industri konstruksi di Indonesia, khususnya pada sektor *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC), memegang peranan krusial dalam pengembangan infrastruktur nasional dan fasilitas strategis. Kompleksitas proyek EPC menuntut manajemen rantai pasok (*supply chain management*) yang presisi, di mana ketersediaan material di lapangan menjadi determinan utama keberhasilan operasional proyek. Salah satu permasalahan fundamental yang kerap memicu pembengkakan biaya (*cost overrun*) dan keterlambatan waktu pada proyek EPC adalah kekakuan spesifikasi desain internasional yang berbenturan dengan kapabilitas manufaktur domestik dan ketersediaan material lokal. Benturan teknis ini umumnya terjadi ketika konsultan perencana asing merancang rekayasa dasar (*basic engineering design*)

Naskah Masuk: 16 April 2026; Revisi: 20 Mei 2026; Diterima: 27 Juni 2026; Terbit: 30 Juni 2026

menggunakan standar material dari negara asalnya, yang sering kali tidak diproduksi atau dijual secara komersial di Indonesia.

Kasus ini tergambar secara nyata pada sebuah proyek infrastruktur terintegrasi Fasilitas Pemrosesan Pusat (*Central Processing Facilities*/CPF) berskala besar di Kalimantan Timur. Ruang lingkup proyek ini mencakup pembangunan berbagai fasilitas esensial penunjang pabrik, mulai dari area perkantoran, bengkel kerja (*workshop*), gudang logistik, laboratorium, hingga infrastruktur utilitas seperti sistem drainase dan perkerasan jalan akses. Pada fase rekayasa dan pengadaan, teridentifikasi adanya kewajiban penggunaan material struktural yang merujuk secara eksklusif pada Standar Nasional Tiongkok atau Standar GB (Guobiao). Kebutuhan material tersebut mencakup penggunaan baja struktural mutu Q235 dan Q345B, panel atap berketebalan spesifik 100 mm, serta baja tulangan beton dengan dimensi non standar di pasar lokal Indonesia (D20).

Ketergantungan pada standar asing dalam dokumen awal proyek ini menciptakan kondisi krisis logistik yang serius. Mempertahankan spesifikasi awal mewajibkan pelaksana proyek untuk melakukan importasi lintas negara yang membutuhkan waktu tunggu (*lead time*) perkapalan dan bea cukai antara 8 hingga 12 minggu. Keterlambatan pasokan material ini secara langsung berpotensi merusak jadwal kritis proyek (*critical path*). Lebih jauh, dalam sistem kontrak Lump Sum (*Fixed Price*) yang mengikat pelaksana, keterlambatan ini memicu risiko penalti ganti rugi waktu, serta menimbulkan kerugian finansial akibat pembengkakan biaya logistik maritim, fluktuasi nilai tukar mata uang asing, serta biaya denda penyimpanan di pelabuhan (*demurrage*).

Menghadapi urgensi tersebut, diperlukan sebuah intervensi teknis dan manajerial yang komprehensif. Salah satu pendekatan yang paling relevan adalah penerapan *Value Engineering* (VE) atau rekayasa nilai. Terdapat celah penelitian (*research gap*) di mana literatur manajemen konstruksi sebelumnya lebih sering berfokus pada VE untuk efisiensi fungsi arsitektural semata, namun belum banyak mengkaji substitusi material struktural lintas standar secara komprehensif sebagai resolusi kelangkaan logistik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas penerapan VE melalui mekanisme pengajuan *Technical Deviation Request* (TDR) dalam mensubstitusi material impor berstandar GB menjadi material lokal berstandar Standar Nasional Indonesia (SNI 2022) dan ASTM. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara manajemen risiko rantai pasok, analisis kekuatan struktural lintas standar, serta dampaknya terhadap pemenuhan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) pada proyek EPC berskala makro.

2. KAJIAN TEORITIS

Konsep Value Engineering dan Komparasi Standar Material

Value Engineering (VE) didefinisikan sebagai pendekatan sistematis yang berorientasi pada fungsi untuk meningkatkan nilai suatu produk atau fasilitas. Dalam konteks konstruksi, VE bukan sekadar upaya pemotongan biaya (*cost cutting*), melainkan upaya untuk menghilangkan biaya-biaya yang tidak berkontribusi pada fungsi dasar infrastruktur guna mencapai hasil optimal dengan biaya terendah, tanpa mengorbankan kualitas, kinerja, dan keselamatan (K3).

Dalam tinjauan keteknikan struktural, perbandingan standar material antarnegara merupakan proses analitik sains bahan (metalurgi) yang kompleks. Standar GB (Guobiao) dari Tiongkok, seperti baja Q235, mendefinisikan baja dengan tegangan leleh (*yield strength*/f_y) minimal 235 MPa. Di sisi lain, standar lokal Indonesia (SNI 1729:2020) dan Amerika (ASTM A36) memiliki klasifikasi yang ekuivalen secara metalurgi namun dengan nomenklatur berbeda. Misalnya, baja mutu BJ37 dalam SNI secara umum merepresentasikan tegangan leleh sebesar 240 MPa. Secara mekanika bahan, substitusi dari baja Q235 ke BJ37 sah menurut teori tegangan batas (*limit state design*) dan secara inheren memberikan peningkatan kapasitas karena batas leleh material lokal sedikit lebih tinggi.

Manajemen Waktu, K3, dan Pemenuhan TKDN

Manajemen waktu proyek yang direpresentasikan melalui *Critical Path Method* (CPM) rentan terhadap gangguan rantai pasok. Waktu tunggu impor (*import lead time*) menciptakan kondisi float negatif, menuntut adanya rekayasa penjadwalan (*schedule resequencing*) untuk memitigasi keterlambatan di jalur kritis. Selain itu, regulasi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) di Indonesia mewajibkan material pengganti lolos verifikasi *Job Safety Analysis* (JSA) saat diinstalasi. Sementara itu, kebijakan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) mengarahkan industri konstruksi untuk mereduksi ketergantungan impor guna menggerakkan ekonomi manufaktur baja nasional.

Tahapan Value Engineering pada Proyek EPC

Penerapan VE dalam manajemen krisis material EPC pada penelitian ini distrukturkan melalui enam tahapan utama (*VE Job Plan*):

a. Tahap Informasi

Mengidentifikasi secara komprehensif spesifikasi orisinal berstandar GB, memetakan baseline biaya impor, dan menghitung kerugian akibat krisis waktu tunggu (8-12 minggu) yang mengancam durasi kontrak.

b. Tahap Analisis Fungsi

Mengevaluasi fungsi struktural esensial dari elemen baja dan baja tulangan (seperti menahan gaya geser, lentur, dan beban aksial) tanpa harus terikat pada asal negara pabrikasi.

c. Tahap Kreativitas

Memunculkan ide substitusi material menggunakan baja lokal berstandar SNI (seperti BJ37, BJ50, dan BjTS 420) yang ketersediaannya melimpah (*ready stock*) di pabrik domestik.

d. Tahap Evaluasi

Melakukan komparasi kelayakan teknis matematis mencakup parameter kapasitas momen inersia (I_x) dan tegangan leleh (f_y) antara material desain orisinal dengan material alternatif.

e. Tahap Pengembangan

Melakukan rekayasa teknis lanjutan. Jika ada selisih, dilakukan penyesuaian seperti penambahan pelat pengaku (*stiffener*) atau rasionalisasi ukuran, lalu didokumentasikan ke dalam format *Technical Deviation Request* (TDR).

f. Tahap Rekomendasi

Menyajikan dasar pemilihan alternatif material terbaik kepada pemilik proyek dan konsultan asing, disertai validasi keamanan struktural, efisiensi waktu, dan reduksi biaya anggaran penandatanganan dokumen.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan studi kasus (*case study*) secara komprehensif pada proyek pembangunan Fasilitas Pemrosesan Pusat (CPF) di Kalimantan Timur. Pendekatan ini dipilih untuk memberikan analisis mendalam mengenai eksekusi TDR sebagai instrumen resolusi kelangkaan logistik. Populasi penelitian mencakup seluruh komponen struktur baja dan material arsitektural yang dispesifikasikan menggunakan standar asing pada desain awal. Sampel diambil melalui metode purposif (*purposive sampling*) yang difokuskan pada elemen kritis penyokong beban, yaitu balok struktural, kolom struktural, profil baja karbon pembentuk rangka, dan baja tulangan (*rebar*) pada struktur beton.

Teknik pengumpulan data mengandalkan observasi partisipatif lapangan dan studi dokumentasi rekayasa. Data primer dan sekunder dikumpulkan dari evaluasi teknis, lembar data material (*Material Data Sheet*/MDS), laporan uji laboratorium independen (*Test Report*),

serta sertifikat uji pabrik (*Mill Certificate*) dari vendor lokal. Alat analisis utama yang digunakan adalah metode komparasi mekanika material untuk membandingkan kapasitas struktural (momen, geser, lentur) antara spesifikasi Tiongkok dan lokal. Selain itu, evaluasi finansial diukur menggunakan analisis varians biaya (*cost variance analysis*), dan akselerasi penjadwalan ditinjau menggunakan instrumen permodelan *Critical Path Method* (CPM). Kriteria penerimaan TDR dinilai valid apabila material substitusi menunjukkan batas margin keselamatan (*safety factor*) yang identik atau melebihi spesifikasi baseline awal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Teknis dan Validasi Material Substitusi

Keberhasilan *Value Engineering* dalam memecahkan krisis material di lapangan bergantung penuh pada persetujuan TDR oleh pemilik proyek. Proses verifikasi ini melibatkan birokrasi review berlapis mulai dari subkontraktor, divalidasi kontraktor utama, dievaluasi konsultan asing, hingga disahkan manajemen pemilik. Dasar pemilihan alternatif dipusatkan pada integritas keteknikan. Evaluasi komprehensif membuktikan bahwa material pengganti memenuhi standar indikator kekuatan momen elastis, ketahanan mutu, keamanan operasional, kemudahan pemasangan (*constructability*), dan umur layanan bangunan. Tabel 1 mengilustrasikan validasi teknis komparatif antara desain orisinal dan substitusi lokal.

Tabel 1. Validasi Geometris dan Kapasitas Mekanis Profil Baja & Rebar.

Jenis Komponen	Standar Asli (GB)	Substitusi (SNI/ASTM)	Evaluasi Kelayakan (Kapasitas)
Balok Struktural	Profil W 200 (Q235) Yield Strength: 235 MPa Ix: 1,860 cm4	WF 200x100x5.5 (BJ37) Yield Strength: 240 MPa Ix: 1,840 cm4	Kapasitas momen berselisih <2%. Aman dengan penambahan pengaku (*stiffener*). Yield strength meningkat.
Kolom Struktural	Profil W 250x73 Yield Strength: 345 MPa Ix: 10,900 cm4	H-Beam 250x250x9x14 Yield Strength: 345 MPa Ix: 10,800 cm4	Stabilitas guling setara. Lebar flens lokal memberikan rigiditas tinggi. Evaluasi tegangan memenuhi syarat.
Baja Tulangan (Rebar)	Diameter D20 Mutu: HRB400 Yield Strength: 400 MPa	Diameter D19 & D22 Mutu: BjTS 420 (SNI) Yield Strength: 420 MPa	Substitusi dengan kuat tarik 20 MPa lebih kuat. Konfigurasi jarak sengkang disesuaikan dengan ekuivalensi luasan penampang.

Sumber : Olahan data sendiri (2026)

Interpretasi atas data Tabel 1 memberikan penguatan pada keandalan prinsip *limit state design*. Langkah rasionalisasi dimensi lokal memberikan batas daya leleh yang secara empiris identik (345 MPa untuk baja H-Beam BJ50) dan peningkatan absolut 20 MPa pada rebar bersirip BjTS 420. Kepastian ketersediaan rentetan ukuran berstandar SNI 1729:2020 di pabrik baja lokal secara dramatis mendongkrak kepraktisan tingkat konstruksibilitas proyek. Secara keseluruhan, kualitas metalurgi material lokal menunjang keamanan operasional dan menjamin terlampauinya umur layanan fasilitas industri (*service life span*) yang melampaui segala keraguan dari spesifikasi desain awal.

Perbandingan Penghematan Kuantitatif pada Aspek Biaya dan Waktu

Pengadopsian VE melalui deviasi teknis TDR memberikan dampak penyelamatan yang masif terhadap Penjadwalan Waktu dan Anggaran Konstruksi Tunai.

a) Optimalisasi Waktu (Akselerasi Jadwal Kritis)

Ancaman krisis logistik dengan durasi pengiriman dari pelabuhan internasional Tiongkok yang diperkirakan memakan waktu 210 hari kalender berhasil diputus secara total. Ketersediaan baja domestik berstatus *ready stock* memungkinkan mobilisasi fisik material ke lapangan di hari yang sama saat spesifikasi disetujui. Selama birokrasi TDR diproses, unit manajemen konstruksi melancarkan manuver rekayasa jadwal (*Schedule Resequencing*) secara tumpang tindih (*parallel work/fast tracking*) untuk aktivitas pengecoran fondasi dangkal dan pekerjaan arsitektural yang bersifat non kritis. Momentum pengerjaan dinamis ini memastikan pengerjaan perakitan struktural baja dapat dituntaskan dalam waktu 180 hari kalender. Manuver taktis ini sukses membukukan percepatan (*schedule acceleration*) keseluruhan jadwal fisik hingga 30 hari lebih awal melampaui target kritis waktu semula.

b) Optimalisasi Biaya (Efisiensi Anggaran Pengadaan)

Pada sistem kontrak Lump Sum, pembengkakan biaya sepenuhnya menjadi beban yang menggerus profit margin kontraktor utama. Substitusi untuk melokalisasi sumber pasokan ini secara efektif mencoret pajak biaya impor barang mewah, biaya tebus bea cukai logistik antarnegara, biaya penitipan tumpukan kontainer kargo di pelabuhan (*demurrage*), dan fluktuasi nilai tukar transaksi mata uang asing. Berdasarkan audit penawaran, beban total pengadaan tonase material dari Tiongkok mencatatkan angka estimasi sebesar Rp 12.500.000.000,- (Dua Belas Miliar Lima Ratus Juta Rupiah). Pasca substitusi, pembebanan nilai tagihan aktual pengadaan lokal merosot tajam menjadi Rp 10.875.000.000,-. Deflasi biaya modal ini mengkristalkan prestasi angka efisiensi keuangan senilai 13% dari kucuran anggaran awal material, yang ekuivalen dengan uang

tunai penyelamatan bersih senilai Rp 1.625.000.000,- (Satu Miliar Enam Ratus Dua Puluh Lima Juta Rupiah). Rincian akuntansi restrukturisasi ini dipaparkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rincian *Breakdown* Akumulasi Penghematan Anggaran Proyek.

Komponen Terdampak	Harga Rencana (Impor)	Harga Aktual (Lokal)	Total Efisiensi (Rp)
Baja Struktural & Pelat (250 Ton)	Rp 22.000 / kg	Rp 18.500 / kg	Rp 875.000.000
Atap Insulasi Panel (3.500 m2)	Rp 450.000 / m2	Rp 280.000 / m2	Rp 595.000.000
Pagar Pengaman Proyek (600 m')	Rp 650.000 / m'	Rp 450.000 / m'	Rp 120.000.000
Pintu Akses Logistik (5 Unit)	Rp 14.000.000 / Unit	Rp 7.000.000 / Unit	Rp 35.000.000
	Total Estimasi Impor Rp 12.500.000.000	Total Pembayaran Lokal Rp 10.875.000.000	Prestasi Penghematan Finansial Total Rp 1.625.000.000 (Persentase Efisiensi 13%)

Sumber : Olahan data sendiri (2026)

Tinjauan Etika Keinsinyuran, K3 (HSE), dan Pemenuhan TKDN

Keberhasilan rasionalisasi TDR ini tidak hanya dinilai dari profitabilitas, melainkan dari kepatuhan mutlak terhadap pedoman *Health, Safety, and Environment* (HSE). Mengingat dimensi penampang H-Beam lokal memiliki perbedaan minor dalam titik pusat berat (*centroid*), tim *Safety Engineer* mengevaluasi celah bahaya operasional dengan menerbitkan pemutakhiran sertifikat *Job Safety Analysis* (JSA) termutakhir sebelum pekerjaan perakitan ereksi struktur baja dilaksanakan di lapangan. Tata cara pengikatan (*rigging*) dan metode pergerakan crane *lifting method* dimodifikasi secara matematis guna mengimbangi massa material substitusi. Kedisiplinan ini menyapu bersih risiko kecelakaan, mengawal tercapainya target kalender kerja aman dengan nihil kecelakaan (*zero accident target*).

Lebih mendalam pada spektrum industri nasional, proses membatalkan transaksi pengadaan impor dari Tiongkok bernilai belasan miliar rupiah dan mengalihkannya pada produk peleburan domestik Republik Indonesia menjadi wujud nyata patriotisme perindustrian negara. Transisi progresif ini memastikan tercapainya target regulasi Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN), sekaligus menyuntikkan aliran dana segar bagi ekosistem pabrik manufaktur lokal. Dari sisi kelestarian lingkungan, pembatalan rute logistik maritim trans-benua memberikan perbaikan kualitas emisi ekologis dengan menekan jejak karbon operasional pelayaran lintas benua (*carbon footprint reduction*). Hal ini meneguhkan langkah bahwa desain proyek EPC masa kini harus sejalan dengan praktik pelestarian *sustainable engineering*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan *Value Engineering* (VE) melalui instrumen formal rekayasa pengajuan *Technical Deviation Request* (TDR) pada mega proyek Fasilitas Pemrosesan Pusat di Kalimantan Timur telah terbukti konklusif sebagai solusi pemecahan terbaik (*troubleshooting solution*) dalam membongkar kebuntuan krisis rantai pasok logistik yang dipicu oleh paksaan pemakaian standar material asing. Alternatif substitusi material standar Tiongkok (GB) menggunakan baja profil domestik bermutu SNI (kategori BJ37/BJ50) serta jaringan baja tulangan beton tipe BjTS 420 terbukti tangguh, andal, dan optimal secara statika struktur, baik dalam memikul beban mati maupun dinamis bangunan pabrik. Keputusan taktis menyerap bahan konstruksi buatan lokal ini secara langsung memberikan anugerah besar bagi proyek berupa percepatan kalender penjadwalan eksekusi (*schedule acceleration*) memangkas durasi 30 hari kalender dari titik batas kritis keterlambatan. Pada sistem pembukuan nilai kontrak dengan parameter harga lumpsum pasti, strategi memutus rute logistik impor dan merelokasikannya kepada pemasok domestik ini membuahkan hasil penekanan biaya tak terduga (*cost variance savings*) mencapai persentase efisiensi sebesar 13%, yang secara ekuivalensi menghadirkan dana sisa penghematan segar senilai nominal Rp 1.625.000.000,- (Satu miliar enam ratus dua puluh lima juta rupiah). Rentetan kemenangan ekonomi dan penjadwalan tersebut diperoleh sepenuhnya oleh pihak pengelola pelaksana konstruksi dengan mutlak tanpa kompromi mengorbankan kualitas kelayakan faktor keamanan fasilitas (*safety factor requirements*), serta sukses merebut rekor operasional tanpa catatan korban luka kecelakaan operasional lapangan (*zero accident record*).

Tinjauan penarikan rekomendasi dari studi ini menggarisbawahi perlunya implikasi praktis tegas yang wajib diadopsi oleh setiap tingkatan manajer perencana proyek, direksi kontraktor *Engineering, Procurement, and Construction*, dan konsultan pengendali independen. Otoritas pengambil kebijakan diharuskan untuk mulai senantiasa menyelipkan proteksi perlindungan klausul legal terkait penerapan kemudahan penyesuaian (*adjustment flexibilities*) dan penyetaraan produk domestik bersertifikat Standar Nasional Indonesia di tahap pembukaan kontrak dasar, atau sekurang-kurangnya dituntaskan ketentuannya pada masa tahap prakonstruksi rancangan teknis (*Front End Engineering Design phase*). Mitigasi preventif berbasis hukum ini berfungsi ganda menutup potensi jalan buntu sengketa lelang ketersediaan logistik serta melenyapkan risiko kerugian pembengkakan tenggat waktu sehabis ditandatanganinya komitmen proyeksi eksekusi pembangunan lapangan. Kebijakan transisi pemanfaatan baja lokal pada desain mega proyek industri manufaktur hulu ini dengan gemilang memastikan kepatuhan perundang-undangan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN),

memacu roda kehidupan finansial pusat pengolahan pabrik-pabrik metalurgi tanah air, mengeliminasi dengan radikal pelepasan limbah jejak gas beracun emisi karbon pelayaran logistik mancanegara, serta mendemonstrasikan secara empiris kemapanan kedaulatan kognisi kecerdasan intelegensi profesi komunitas insinyur teknik sipil Nusantara dalam menetapkan standardisasi independen yang aman dan berdaya saing di kancah global melawan desain rancangan asing multinasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Program Profesi Insinyur, Institut Teknologi Indonesia yang telah membekali nilai-nilai keutamaan profesi, serta jajaran manajemen proyek yang memberikan izin akses data operasional untuk diulas secara akademis.

DAFTAR REFERENSI

ASTM International. (2019). *ASTM A36/A36M-19: Standard specification for carbon structural steel*. ASTM International.

Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1729:2020: Struktur logam—Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. BSN.

Fernando, D. (2020). Crash program sebagai pertimbangan pengambilan keputusan dalam upaya mitigasi keterlambatan proyek konstruksi. *Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur*.

Heizer, J., & Render, B. (2008). *Manajemen operasi: Rantai pasok dan persediaan* (Edisi ke-9). Salemba Empat.

Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. (2022). Gearing up, rantai pasok konstruksi. *Buku Konstruksi Indonesia*, 1–50.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). *Pedoman pelaksanaan teknis rekayasa nilai (statement of work value engineering)* (Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga Nomor 04/PBM/2022).

Kurniati. (2022). Penerapan value engineering pada proyek pembangunan rumah susun sewa sederhana (Rusunawa) Bappeda Pasie Nan Tigo Kota Padang. *Jurnal Konstruksi*.

Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah. (2021). *Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (LKPP) Nomor 12 Tahun 2021 tentang pedoman pelaksanaan pengadaan barang/jasa pemerintah melalui penyedia*.

Mustika, A., dkk. (2023). Analisis tingkat komponen dalam negeri (TKDN) pada proyek konstruksi UPT BKN. *Research Review: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*.

Prajayagawa, I. M. (2021). *Analisis metode pemasangan rangka kuda-kuda atap (KAP) terhadap keselamatan pekerja gedung*. Repository Politeknik Negeri Bali.

Prakoso, G., & Ui, F. T. (2009). *Penerapan metode value engineering sebagai cara dalam melakukan penghematan elemen biaya konstruksi* [Skripsi, Universitas Indonesia].

Rauzana, A., & Dharma, W. (2022). Penerapan metode crashing dalam percepatan durasi proyek dengan alternatif penambahan jam lembur dan shift kerja. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 583–591.

Santoso, B. (2020). *Manajemen proyek: Konsep & implementasi*. Graha Ilmu.

Santoso, V. Y. (2020). Penerapan value engineering pada proyek konstruksi Laboratorium Poltekes Kemenkes Jambi. *Jurnal Teknik Sipil UNISDA*.

SAVE International. (2007). *Value methodology standard*. SAVE International.

Utomo, S. (2012). Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada pekerjaan konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*.