

TESIS

**OPTIMASI BIAYA STRUKTUR ATAS BANGUNAN
KONSTRUKSI BAJA DENGAN PENDEKATAN BIM
DAN *VALUE ENGINEERING***

**Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT
Supernova Flexible Packaging**

***(COST OPTIMIZATION OF STEEL CONSTRUCTION
SUPERSTRUCTURE BUILDING WITH BIM AND
VALUE ENGINEERING APPROACH***

***Case Study: Warehouse Development Project Of PT
Supernova Flexible Packaging***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Master**



Disusun oleh:

**HASNAA ANGGIA AGUSTINA
NIM : 23914010**

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL-POGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

**OPTIMASI BIAYA STRUKTUR ATAS BANGUNAN
KONSTRUKSI BAJA DENGAN PENDEKATAN BIM
DAN *VALUE ENGINEERING***

**Studi Kasus: Proyek Pembangunan PT Supernova
Flexible Packaging**

***(COST OPTIMIZATION OF STEEL CONSTRUCTION
SUPERSTRUCTURE BUILDING WITH BIM AND
VALUE ENGINEERING APPROACH***

***Case Study: Warehouse Development Project Of PT
Supernova Flexible Packaging)***



Disusun oleh:

HASNAA ANGGIA AGUSTINA

NIM : 23914010

Diperiksa dan disetujui oleh:

Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.
Dosen Pembimbing

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

**OPTIMASI BIAYA STRUKTUR ATAS BANGUNAN
KONSTRUKSI BAJA DENGAN PENDEKATAN BIM
DAN *VALUE ENGINEERING***

**Studi Kasus: Proyek Pembangunan PT Supernova
Flexible Packaging**

***(COST OPTIMIZATION OF STEEL CONSTRUCTION
SUPERSTRUCTURE BUILDING WITH BIM AND
VALUE ENGINEERING APPROACH***

***Case Study: Warehouse Development Project Of PT
Supernova Flexible Packaging)***

Disusun oleh:

HASNAA ANGGIA AGUSTINA

NIM : 23914010

Telah diuji oleh Dewan Penguji
pada tanggal 01 Agustus 2025

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Pembimbing



Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji I



Ir. Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D., IPM..

Penguji II



Afbani Musyafa, ST., MT., Ph.D.

Yogyakarta, **12 AUG 2025**

Universitas Islam Indonesia

Program Studi Teknik Sipil, Program Magister

Ketua Program



Dr. Ir. Sri Anjani Yuni Astuti, M.T.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tesis yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Magister di Program Studi Teknik Sipil-Program Magister, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 06 Agustus 2025

Yang Membuat Pernyataan,



HASNAA ANGGIA AGUSTINA

NIM: 23914010

LEMBAR DEDIKASI



Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat, kekuatan, dan petunjuk-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik. Tanpa izin-Nya, setiap langkah dan ikhtiar tidak akan pernah sampai pada titik ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, teladan sepanjang zaman.

Karya ini saya persembahkan dengan penuh rasa syukur kepada:

Bapak Suyanto dan Ibu Hartatik,

Terima kasih atas setiap doa yang tak pernah putus, kasih sayang yang tulus, dan dukungan tanpa syarat yang selalu menguatkan saya dalam setiap langkah. Kalian adalah sumber semangat terbesar saya, dan setiap pencapaian ini tak lepas dari pengorbanan dan ketulusan kalian yang luar biasa.

Adikku, Demas Rakha Freeporta

Terima kasih telah memberikan semangat dengan cara sederhana namun berarti. Dukunganmu selalu menjadi energi positif bagi saya untuk terus maju dan tidak menyerah.

Semoga karya ini menjadi awal dari perjuangan panjang untuk membalas semua cinta dan kebaikan yang telah kalian berikan.

Yogyakarta, 06 Agustus 2025

Hasnaa Anggia Agustina

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahim.

Assalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas ijin-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM Dan *Value engineering* Studi Kasus: Proyek Pembangunan PT Supernova Flexible Packaging”. Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Program Pascasarjana pada Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tesis ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tesis ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
2. Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing, terima kasih atas bimbingan, nasihat, saran dan dorongan serta kesempatan yang diberikan kepada saya selama penyusunan Tesis ini. Semoga Allah SWT memberikan kesehatan kepada beliau, sehingga selalu diberikan kesempatan untuk membagi ilmu yang luar biasa kepada orang lain.
3. Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M, dan Albani Musyafa, ST., MT., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan, kritik dan saran yang menyempurnakan tesis ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama menempuh studi.

5. Ibu Hartatik dan Bapak Suyanto, ibu dan bapak penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan pengorbanan baik secara material maupun spiritual hingga selesainya Tesis ini.
6. Demas Rakha Freeporta, adik penulis yang senantiasa memberikan motivasi dan dukungan serta menjadi teman saat senang maupun sedih.
7. Seluruh keluarga besar, yang sudah memberikan dukungan dan juga do'a.
8. Raihan Prasetyawan Ardiansyah, yang telah menemani dan membantu saya dalam menyelesaikan rangkaian tesis ini, dan senantiasa memberikan motivasi, pengertian, serta dukungan emosional selama proses penelitian dan penulisan Tesis ini. Kehadiran dan dukunganmu menjadi penguat di saat penulis menghadapi tantangan, serta menjadi pengingat untuk tetap fokus dan menyelesaikan karya ini dengan sebaik-baiknya.
9. Muhammad Alwan Dwi Widodo dan Whisnu Wikan Wicaksono M. yang senantiasa memberikan bantuan dan dukungan dalam proses penyusunan Tesis ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tesis ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 06 Agustus 2025

Penulis

HASNAANGGIA AGUSTINA

NIM: 23914010

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
LEMBAR DEDIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Umum.....	7
2.2 Penelitian Terdahulu.....	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	15
3.1 <i>Value Engineering</i> dan <i>Value Management</i>	15
3.2 <i>Building Information Modelling (BIM)</i>	26
3.3 Integrasi BIM dan <i>Value engineering</i>	28
3.4 Struktur Baja.....	29

3.5	Autodesk Revit	31
3.6	SAP 2000	32
3.7	IdeaStatiCa	32
3.8	NVivo	33
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		35
4.1	Jenis Penelitian	35
4.2	Subjek dan Objek Penelitian	35
4.3	Data Penelitian.....	36
4.4	Perangkat Lunak.....	36
4.5	Metode Penelitian.....	36
4.6	Bagan Alir Penelitian	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
5.1	Umum	41
5.2	Kondisi dan Karakteristik Proyek	41
5.3	Analisis <i>Value engineering</i>	70
5.3.1	Tahap Informasi	70
5.3.2	Tahap Analisis Fungsi	78
5.3.3	Tahap Kreatif.....	80
5.3.4	Tahap Evaluasi	85
5.3.5	Tahap Pengembangan.....	92
5.3.6	Tahap Presentasi.....	117
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		122
6.1	Kesimpulan.....	122
6.2	Saran	122
DAFTAR PUSTAKA		124
LAMPIRAN		129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging.....	4
Gambar 3.1 Model Dimensi dalam BIM.....	28
Gambar 3.2 Profil Baja	30
Gambar 4.1 Lokasi Proyek Pembangunan Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging.....	35
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 5.1 Gambar Tributary Area Pembebanan Mati Tambahan Penutup Atap	42
Gambar 5.2 Koefisien Tekanan Atap.....	45
Gambar 5.3 Sistem Penahan Gaya Angin Utama dan Komponen dan Klading ...	46
Gambar 5.4 Koefisien Eksposur Tekanan Kecepatan.....	47
Gambar 5.5 Faktor Arah Angin	48
Gambar 5.6 Koefisien Tekanan Dinding	49
Gambar 5.7 Peta Vs30 Provinsi Jawa Barat.....	51
Gambar 5.8 Kategori Risiko	52
Gambar 5.9 Faktor Keutamaan Gempa.....	52
Gambar 5.10 Hasil Spektrum Respon Desain.....	53
Gambar 5.11 Koefisien Situs, F_a	54
Gambar 5.12 Koefisien Situs, F_v	54
Gambar 5.13 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Spektrum Respon 0,2 detik (C_{RS}).....	55
Gambar 5.14 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respon Spektral 1 detik (C_{R1})	56
Gambar 5.15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	56
Gambar 5.16 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik.....	57

Gambar 5.17 Tampilan New Model.....	57
Gambar 5.18 Tampilan Quick Grid Lines.....	58
Gambar 5.19 Tampilan Grid Rencana	58
Gambar 5.20 Tampilan Add Material Property	59
Gambar 5.21 Jendela Modify Material	59
Gambar 5.22 Jendela Add Frame Section Property	60
Gambar 5.23 Jendela Modify Frame Section.....	60
Gambar 5.24 Pembuatan Model 3D.....	61
Gambar 5.25 Hasil Pemodelan 3D Pada SAP 2000.....	61
Gambar 5.26 Jendela Assign Joint Restraint.....	62
Gambar 5.27 Joint Restraint pada Pemodelan 3D	62
Gambar 5.28 Jendela Mass Source Data.....	63
Gambar 5.29 Jendela Define Load Pattern	63
Gambar 5.30 Jendela Seismic Load Pattern Arah X (Ex).....	64
Gambar 5.31 Jendela Seismic Load Pattern Arah Y (Ey).....	65
Gambar 5.32 Jendela Define Load Case	65
Gambar 5.33 Beban Mati Tambahan	66
Gambar 5.34 Beban Hidup.....	66
Gambar 5.35 Beban Hujan.....	67
Gambar 5.36 Beban Angin Arah X.....	67
Gambar 5.37 Beban Angin Arah Y	68
Gambar 5.38 Pengecekan Stress Ratio pada Model.....	68
Gambar 5.39 Pengecekan pada Identify All Failures.....	69
Gambar 5.40 Lendutan Pada Struktur	69
Gambar 5.41 Denah Kolom Baja	71
Gambar 5.42 Denah Rangka Atap	71
Gambar 5.43 Rangka Portal AS. L.....	72
Gambar 5.44 Rangka Portal AS. A	72
Gambar 5.45 Rangka Portal AS. B-D, I-K.....	73
Gambar 5.46 Rangka Portal AS. E-H	73
Gambar 5.47 Rangka Portal AS. 1	74

Gambar 5.48 Rangka Portal AS. 2 dan 8	74
Gambar 5.49 Rangka Portal AS. 9	74
Gambar 5.50 Rangka Portal AS. 5	75
Gambar 5.51 Rangka Portal AS. 4 dan 6	75
Gambar 5.52 Rangka Portal AS. 3 dan 7	75
Gambar 5.53 Diagram Pareto Pekerjaan Bangunan Gudang	77
Gambar 5.54 Diagram Pareto Pekerjaan Struktur Baja	78
Gambar 5.55 Diagram FAST Struktur Rangka Baja	80
Gambar 5.56 Tampilan Import File Pada NVivo	81
Gambar 5.57 Proses Open Coding pada NVivo	82
Gambar 5.58 Hasil Coding pada NVivo	82
Gambar 5.59 Visualisasi Hasil Olah Data NVivo	83
Gambar 5.60 Efisiensi Profil pada Portal Sumbu Y Grid 2, 4, 6 dan 8	93
Gambar 5.61 Efisiensi Profil pada Portal Sumbu Y Grid 5 dan 7	93
Gambar 5.62 Efisiensi Profil pada Bagian Truss Sumbu X	94
Gambar 5.63 Efisiensi Profil Kolom Atas pada Grid 1	94
Gambar 5.64 Efisiensi Profil Kolom Atas pada Grid 9	95
Gambar 5.65 Efisiensi Profil Kolom Atas pada Grid A	95
Gambar 5.66 Efisiensi Profil Kolom Atas pada Grid L	95
Gambar 5.67 Pengecekan Stress Ratio pada Model Alternatif	96
Gambar 5.68 Pengecekan pada Identify All Failures Alternatif	96
Gambar 5.69 Jendela Awal Tampilan Idea Statica	97
Gambar 5.70 Jendela Template Sambungan	98
Gambar 5.71 Jendela Menu Materials	98
Gambar 5.72 Jendela Cross-Section Navigator	99
Gambar 5.73 Penyesuaian Parameter Member Profil	99
Gambar 5.74 Jendela Penyesuaian Parameter Bearing Member	100
Gambar 5.75 Jendela Operation	100
Gambar 5.76 Parameter Material pada Operation	101
Gambar 5.77 Jendela Show Tables	101
Gambar 5.78 Jendela Element Forces-Frame	102

Gambar 5.79 Load LE 1.....	103
Gambar 5.80 Proses Analisis Sambungan	103
Gambar 5.81 Tampilan Hasil Analisis Sambungan	104
Gambar 5.82 Jendela Awal Revit 2025.....	104
Gambar 5.83 Jendela New Project	105
Gambar 5.84 Pengaturan Project Units.....	105
Gambar 5.85 Membuat Grid pada Revit	106
Gambar 5.86 Mengatur Elevasi pada Revit	106
Gambar 5.87 Jendela Family Kolom	107
Gambar 5.88 Jendela Family Balok.....	107
Gambar 5.89 Hasil Placing Kolom dan Balok.....	108
Gambar 5.90 Jendela Family Connection	108
Gambar 5.91 Hasil Placing Baseplate pada Kolom	109
Gambar 5.92 Sambungan pada Kolom ke Kolom	109
Gambar 5.93 Sambungan pada Kolom Balok.....	110
Gambar 5.94 Jendela Family Truss.....	110
Gambar 5.95 Hasil Placing Rangka Truss	111
Gambar 5.96 Sambungan pada Rangka Truss	111
Gambar 5.97 Hasil Pemodelan Desain Alternatif.....	112
Gambar 5. 98 Pemeriksaan Clash Detection.....	112
Gambar 5.99 Jendela New Schedule.....	114
Gambar 5.100 Jendela Schedule Properties	114
Gambar 5.101 Hasil Analisis Kualitatif dengan NVivo.....	117
Gambar 5.102 Hasil Cek Analisis SAP 2000.....	118
Gambar 5.103 Hasil Pemodelan 3D BIM pada Revit	119
Gambar 5.104 Komparasi Berat Baja pada Eksisting dan Alternatif.....	120
Gambar 5.105 Komparasi Biaya Struktur Atas pada Eksisting dan Alternatif...	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian.....	12
Tabel 3.1 Skala Banding Berpasangan.....	21
Tabel 3.2 Nilai Random Index	23
Tabel 3.3 Fitur NVivo dan Associated Names.....	34
Tabel 5.1 Rekapitulasi Biaya Item Pekerjaan Bangunan Gudang	76
Tabel 5.2 Analisis Biaya Pekerjaan Bangunan Gudang.....	76
Tabel 5.3 Analisis Biaya Pekerjaan Struktur Baja	77
Tabel 5.4 Activity Function Matrix Pekerjaan Struktur Rangka Baja	79
Tabel 5.5 Daftar Alternatif Pemilihan Metode VE Rangka Utama	84
Tabel 5.6 Rincian Responden	85
Tabel 5.7 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Biaya (A).....	86
Tabel 5.8 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Pengetahuan Praktisi (B).....	86
Tabel 5.9 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Ketersediaan Material (C)	86
Tabel 5.10 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Ketahanan Struktur (D).....	86
Tabel 5.11 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan Kerugian	87
Tabel 5.12 Matriks Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 1	88
Tabel 5.13 Matriks Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 1	88
Tabel 5.14 Matriks Normalisasi Responden 1	88
Tabel 5.15 Matriks Perhitungan Bobot Kriteria Responden 1	89
Tabel 5.16 Matriks Perhitungan Bobot Vektor Responden 1	89
Tabel 5.17 Matriks Perhitungan Vektor Konsistensi Responden 1	89
Tabel 5.18 Rekapitulasi Perhitungan Bobot Kriteria	90
Tabel 5.19 Pembobotan Menyeluruh dan Perangkingan Alternatif.....	91
Tabel 5.20 Gaya Dalam Sambungan.....	102
Tabel 5.21 Rekapitulasi Volume Desain Alternatif.....	115

Tabel 5.22 Harga Satuan Pekerjaan	116
Tabel 5.23 Rencana Anggaran Biaya Alternatif Terpilih	116
Tabel 5.24 Rasio Keamanan pada Hasil Analisis SAP2000	118
Tabel 5.25 Rencana Anggaran Biaya Desain Alternatif	119

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Konsultasi Tesis	130
Lampiran 2 Data Responden.....	138
Lampiran 3 Surat Permohonan Ijin Penelitian	228
Lampiran 4 Lampiran Data Analytical Hierarchy Process Responden	229
Lampiran 5 Lampiran Data Analisis Keuntungan dan Kerugian Responden	237

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

BIM	= Building Information Modelling
CAD	= Computer Aided Design
C_d	= Faktor simpangan lateral
C_s	= Koefisien respons seismic
D	= Beban mati
E	= Beban gempa
e	= Eksponen
F_a	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek
F_v	= Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik
I_e	= Faktor keutamaan
KDS	= Kategori desain seismic
L	= Beban hidup
L_r	= Beban hidup atap
R	= Beban hujan
S_1	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
SD_1	= Parameter percepatan spectral desain untuk periode 1 detik
SD_s	= Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek
SM_1	= Parameter respons spectral percepatan pada periode 1 detik
SM_s	= Parameter respons spectral percepatan pada periode pendek
SS_1	= Percepatan batuan dasar pada periode pendek
V	= Gaya dasar seismic
W	= Beban angin
Ω_0	= Faktor kekuatan lebih

ABSTRAK

Industri konstruksi menghadapi tantangan untuk mewujudkan bangunan yang efisien, berkualitas, dan berbiaya terjangkau. Struktur baja yang umum digunakan pada bangunan industri seperti gudang, memiliki kompleksitas dalam desain serta kontribusi besar terhadap total biaya proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan biaya pekerjaan struktur atas bangunan baja dengan mengintegrasikan pendekatan *Value Engineering* (VE) dan *Building Information Modeling* (BIM). Studi kasus dilakukan pada Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging di kawasan industri MM2100, yang didominasi oleh struktur baja profil dan menghasilkan limbah baja sebesar 10% dari total bobot material. Penelitian ini menggunakan pendekatan *applied research* (penelitian terapan), yang bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan nyata di lapangan melalui penerapan teori dan teknologi. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan wawancara, serta diolah menggunakan NVivo. Selanjutnya, dilakukan pemodelan 3D menggunakan BIM dan analisis alternatif desain berdasarkan prinsip VE. Didapatkan Tiga alternatif, yaitu efisiensi profil, efisiensi sistem rangka, dan *Pre-Engineered Building* (PEB). Hasil analisis menunjukkan bahwa alternatif terpilih yaitu efisiensi profil menghasilkan penurunan biaya sebesar 14,01% dibandingkan kondisi awal. Integrasi BIM dan VE terbukti efektif dalam mendukung pengambilan keputusan perencanaan yang lebih ekonomis, efisien, serta tetap memenuhi fungsi dan kualitas struktur. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode optimasi pada proyek struktur baja di masa depan.

Kata Kunci: BIM, *Value Engineering*, Warehouse, Baja

ABSTRACT

The construction industry faces increasing challenges in delivering buildings that are efficient, high in quality, and cost-effective. Steel structures, commonly used in industrial buildings such as warehouses, present design complexities and contribute significantly to the overall project cost. This study aims to optimize the cost of upper structural work in steel buildings by integrating Value Engineering (VE) and Building Information Modeling (BIM) approaches. A case study was conducted on the Warehouse Construction Project of PT Supernova Flexible Packaging, located in the MM2100 Industrial Area, which predominantly uses steel profiles and generates approximately 10% steel waste from the total material weight. This research employs an applied research approach, focusing on solving real-world problems through the application of theory and technology. Data were collected through field observations and interviews, and analyzed using NVivo. A 3D model was developed using BIM, and alternative design options were analyzed based on VE principles. Three alternatives were identified: profile efficiency, structural frame efficiency, and the use of Pre-Engineered Building (PEB) systems. The analysis results indicate that the selected alternative profile efficiency resulted in a cost reduction of 14.01% compared to the initial condition. The integration of BIM and VE has proven effective in supporting more economical and efficient planning decisions, while maintaining the structural functionality and quality. This study contributes to the development of optimization methods for future steel structure projects.

Keywords: BIM, Value Engineering, Warehouse, Steel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi menghadapi tantangan yang semakin kompleks dalam memenuhi kebutuhan akan bangunan yang efisien, berkualitas, dan berbiaya terjangkau. Pada era modern ini, efisiensi dalam desain dan pelaksanaan proyek konstruksi menjadi sangat penting, terutama untuk struktur bangunan berbahan baja, yang sering digunakan dalam proyek-proyek berskala besar seperti gudang dan pabrik. Biaya konstruksi struktur atas sering kali menyumbang porsi terbesar dari total anggaran proyek, sehingga optimalisasi biaya menjadi salah satu fokus utama dalam proses perencanaan dan pelaksanaan proyek.

Value engineering (VE) adalah pendekatan sistematis yang bertujuan meningkatkan nilai proyek dengan mengidentifikasi elemen desain yang dapat dioptimalkan tanpa mengurangi fungsi, kualitas, atau spesifikasi teknis, serta memastikan proyek memenuhi kebutuhan pengguna dan mengurangi biaya. (Abdelalim dkk., 2024). Dalam hal ini, *Building Information Modeling (BIM)* menjadi alat yang revolusioner untuk mendukung perancangan dan manajemen proyek konstruksi, terutama dalam hal mengoptimalkan biaya dan efisiensi. Waqar dkk. (2023) menyatakan bahwa penerapan BIM dapat meningkatkan kolaborasi, mengurangi biaya, mengoptimalkan efisiensi energi, dan mendukung konstruksi berkelanjutan. Ketika BIM digabungkan dengan *Value engineering (VE)*, potensi untuk menemukan desain yang lebih efisien dan ekonomis menjadi lebih besar. (Baarimah dkk., 2021b)

Pendekatan *Value engineering* dengan BIM secara bersamaan terletak pada potensi besar keduanya untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proyek konstruksi. Dengan BIM dan rekayasa nilai dapat menekan biaya tanpa mengurangi kinerja asli dalam proyek konstruksi serta menjadi lebih efektif karena

memungkinkan identifikasi dan evaluasi alternatif desain secara lebih cepat dan akurat (Altaf dkk., 2021). Ini tidak hanya mengurangi risiko kesalahan, tetapi juga mempercepat proses pengambilan keputusan yang berbasis data. Dalam konteks industri konstruksi yang terus berkembang, integrasi VE dengan BIM menjadi solusi penting untuk menghadapi tantangan terkait biaya, waktu, dan kualitas proyek.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi VE dengan BIM memberikan banyak manfaat, seperti analisis alternatif desain yang lebih cepat, simulasi dampak keputusan terhadap biaya dan waktu, serta visualisasi proyek secara menyeluruh. Penelitian oleh Li dkk. (2021) menunjukkan bahwa integrasi BIM dalam proses VE memudahkan modifikasi desain dan ekstraksi data biaya, Hal ini menghasilkan penghematan biaya proyek hingga 10% dan pengurangan durasi proyek. Lebih lanjut Hanggara & Nurchasanah (2023), menyoroti penggunaan BIM dalam proses VE dilakukan salah satunya pada efisiensi penulangan beton bertulang.

Namun, pada bangunan berbahan baja, penerapan VE dengan dukungan BIM masih belum banyak dieksplorasi. Padahal bangunan baja memiliki kompleksitas desain dan kebutuhan struktur yang unik. Kompleksitas yang dimaksud antara lain perencanaan sambungan, pengoptimalan penggunaan material, dan dampak biaya akibat perubahan desain, membutuhkan perhatian khusus dalam penerapan VE-BIM (Sun, 2023).

Struktur baja dikenal memiliki biaya konstruksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur beton bertulang. Menurut (Syariati, dkk., 2023) pada proyek pembangunan Pusat Promosi dan Pemasaran PPIK Kota Tasikmalaya didapatkan harga struktur baja Rp.2.491.416.316 dan harga struktur beton bertulang Rp. 789.569.564. Sehingga didapatkan selisih Rp.1.701.846.752 atau persentase 68,308 %. Selain itu, penggunaan baja dalam konstruksi dapat menghasilkan limbah yang signifikan jika tidak dikelola dengan efisien. Studi menunjukkan bahwa limbah konstruksi dapat mencapai 10-15% dari total material yang digunakan dalam proyek (Alsamarraie, dkk., 2022). Limbah ini mencakup sisa potongan baja, material rusak, atau kelebihan material yang tidak terpakai. Oleh

karena itu, pengelolaan limbah yang baik sangat penting untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi proyek.

Pada Kawasan Industri MM2100 XV, Jl. Irian Blok RR No.11, Cikedokan, Kec. Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, telah berlangsung proyek pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging. Dalam proyek ini, pekerjaan struktur atas didominasi oleh penggunaan struktur baja profil untuk menopang desain bangunan yang dirancang untuk mendukung operasional gudang dengan kapasitas besar. Pada pekerjaan struktur ini, baja profil, seperti *WF (Wide Flange)*, *H-Beam*, atau *CNP (Channel)* dimensi profil besar digunakan untuk elemen-elemen seperti kolom, balok utama, dan rangka atap. Dari profil profil tersebut dibentuklah sebuah system rangka struktur yang kompleks dengan banyak sambungan. Dampak dari penggunaan profil dimensi besar dan sambungan yang banyak adalah biaya konstruksi yang tinggi.

Proyek Supernova yang dibangun pada lahan seluas 49x35m menghasilkan limbah baja sebesar 10% dari total 300.459,20 kg. Maka, diperkirakan limbah baja yang dihasilkan mencapai sekitar 30.045,92 kg. Angka tersebut merupakan jumlah yang cukup besar dan berpotensi untuk dilakukan optimalisasi melalui teknik *value engineering*. Dengan melakukan optimalisasi ini, diharapkan dapat menghasilkan bangunan yang lebih ekonomis, namun tetap memenuhi kualitas dan fungsionalitas yang diperlukan. Proyek Pembangunan gudang PT *Supernova Flexible Packaging* dapat dilihat pada Gambar 1.1 sebagai berikut.



Gambar 1.1 Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging

Berdasarkan pembahasan di atas maka penelitian ini berfokus pada optimasi biaya struktur atas bangunan konstruksi baja menggunakan pendekatan BIM dan VE, dengan studi kasus pada pembangunan gudang PT *Supernova Flexible Packaging*. Melalui integrasi teknologi BIM dan metode VE, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi peluang penghematan biaya sekaligus meningkatkan efisiensi proses konstruksi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengembangkan pendekatan yang lebih inovatif dan ekonomis untuk proyek-proyek konstruksi baja di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi eksisting struktur atas pada Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging?
2. Apa saja alternatif optimalisasi biaya pada pekerjaan struktur atas dengan pendekatan *value engineering* dan BIM?
3. Berapa signifikansi biaya pekerjaan struktur atas setelah dilakukan optimasi biaya dengan dengan pendekatan *value engineering* dan BIM?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian dari Tesis ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kondisi eksisting struktur atas pada proyek Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging.
2. Mengetahui apa saja alternatif optimalisasi biaya pada pekerjaan struktur atas dengan pendekatan *value engineering* dan BIM
3. Mengetahui berapa signifikansi biaya pekerjaan struktur atas setelah dilakukan optimasi biaya dengan dengan pendekatan *value engineering* dan BIM

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini akan memberikan manfaat pada beberapa pihak antara lain sebagai berikut.

1. Bagi Industri Konstruksi
Dapat memberikan panduan dalam mengoptimalkan biaya struktur atas bangunan baja dengan memanfaatkan teknologi BIM dan pendekatan VE serta menyediakan solusi praktis untuk meningkatkan efisiensi proyek konstruksi melalui desain yang lebih hemat biaya.
2. Bagi Akademisi:
Dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan literatur terkait integrasi BIM dan VE untuk optimalisasi biaya dalam proyek konstruksi, serta dapat menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut di bidang efisiensi biaya konstruksi baja.
3. Bagi Perusahaan Konstruksi:
Dapat membantu perusahaan mengidentifikasi peluang penghematan biaya pada tahap perencanaan dan pelaksanaan proyek serta mendukung pengambilan keputusan strategis dalam desain struktur untuk proyek serupa di masa depan.

4. Untuk Penulis

Penelitian ini memberikan manfaat bagi penulis dengan meningkatkan pemahaman dan keahlian dalam penerapan VE dengan BIM, serta keterampilan menggunakan teknologi ini dalam manajemen proyek konstruksi. Selain itu, penelitian ini dapat meningkatkan kredibilitas penulis. Publikasi hasil penelitian membantu membangun jaringan dan membuka peluang kolaborasi. Penelitian ini juga meningkatkan peluang karir penulis dalam bidang akademik dan profesional, serta mendorong kreativitas dan inovasi dalam manajemen proyek konstruksi.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini terarah dan tidak keluar dari tujuan serta mudah dipahami, untuk itu diperlukan adanya batasan penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan gudang PT Supernova Flexible Packaging
2. Penelitian berfokus pada pekerjaan struktur atas.
3. Pengolahan data berdasarkan data dokumen yang diperoleh dari kontraktor berupa DED, rencana anggaran biaya, pada proyek pembangunan gudang PT Supernova Flexible Packaging
4. *Software* yang digunakan adalah NVivo12, Microsoft Excel, Revit, IdeaStatiCa dan SAP2000, sehingga hasilnya bergantung pada kapabilitas perangkat lunak tersebut
5. Optimasi biaya didasarkan pada analisis teknis dan ekonomis, tanpa mempertimbangkan faktor non-teknis seperti dampak lingkungan atau keberlanjutan
6. Penelitian dilakukan pada Bulan Januari 2025 - Juli 2025, sehingga perubahan pada kondisi ekonomi atau harga material di luar periode penelitian tidak dipertimbangkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Value engineering (VE) dan *Building Information Modeling (BIM)* merupakan kombinasi pendekatan yang inovatif dalam meningkatkan efisiensi proyek konstruksi. Menurut Shonata dkk., (2024) *value engineering* merupakan metode sistematis untuk meningkatkan nilai dengan menghilangkan biaya yang tidak perlu tanpa mengorbankan kualitas, keandalan, kinerja, waktu, dan keselamatan. Sementara itu, BIM dikenal sebagai metode atau pendekatan yang memanfaatkan model 3D yang mencakup semua informasi terintegrasi untuk koordinasi, simulasi, dan visualisasi antara semua pihak yang terlibat. Hal ini membantu pemilik proyek dan penyedia layanan dalam merancang, membangun, dan mengelola bangunan. (Sangadji, dkk., 2019)

Integrasi VE dan BIM memberikan banyak manfaat, termasuk visualisasi yang lebih baik untuk identifikasi alternatif desain, analisis biaya, serta peningkatan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Meskipun implementasi integrasi ini membutuhkan biaya investasi dan pelatihan, manfaatnya dalam mengurangi inefisiensi, meningkatkan kualitas desain, dan mendukung pengambilan keputusan strategis menjadikannya solusi yang ideal untuk menghadapi tantangan biaya dan kompleksitas proyek konstruksi modern.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang ditinjau pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Integration of Building Information Modeling (BIM) and Value engineering in Construction Projects A Bibliometric Analysis*

Penelitian yang dilakukan oleh Baarimah, dkk pada tahun 2021 mengambil objek berupa Artikel dan jurnal Internasional yang diindeks oleh Scopus.

Dengan tujuan untuk mengeksplorasi integrasi BIM dan VE dalam proyek konstruksi melalui analisis bibliometrik. Fokus utamanya adalah mengidentifikasi tren penelitian, hubungan antar konsep, dan area penelitian potensial yang belum banyak dibahas. Metode pada penelitian ini adalah menggunakan pendekatan bibliometrik dengan data yang dikumpulkan dari basis data Scopus, menggunakan kata kunci terkait BIM dan VE. Artikel yang relevan dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak VOSviewer dan Microsoft Excel. Analisis ini mencakup tren publikasi berdasarkan tahun, jaringan kolaborasi antar penulis, institusi, dan negara, serta co-occurrence kata kunci untuk mengidentifikasi topik utama dalam penelitian. Sehingga hasil penelitian menunjukkan tren publikasi yang meningkat secara signifikan dalam satu dekade terakhir, mencerminkan tingginya minat terhadap integrasi BIM dan VE. Amerika Serikat menjadi kontributor terbesar dalam penelitian ini, diikuti oleh negara-negara Eropa dan Asia, dengan kolaborasi aktif antara penulis dan institusi dari negara-negara tersebut. Topik utama yang diangkat adalah optimalisasi biaya dan waktu dalam proyek konstruksi melalui integrasi BIM dan VE. Penelitian ini juga menyoroti tantangan seperti interoperabilitas teknologi dan standar yang belum konsisten, serta merekomendasikan studi lebih lanjut untuk mengatasi hambatan tersebut.

2. *Case Study on BIM and Value engineering Integration for Construction Cost*
Penelitian selanjutnya dilakukan pada tahun 2021 oleh Li, dkk. Objek dari penelitian ini Proyek gedung bertingkat tinggi di China. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan BIM dapat diintegrasikan dengan VE untuk meningkatkan kontrol biaya konstruksi dan mengilustrasikan manfaat dari integrasi ini. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Analytic Hierarchy Process (AHP)* dan metode entropi untuk menghitung bobot dan koefisien. Hasil dari penelitian ini adalah Integrasi BIM dalam proses VE memfasilitasi modifikasi desain dan ekstraksi informasi, seperti data biaya. Pendekatan ini menghasilkan penghematan biaya proyek sebesar 10% dan pengurangan durasi proyek. Selain itu, kualitas dan kinerja keseluruhan

proyek meningkat. Temuan ini menunjukkan pentingnya integrasi BIM dan VE untuk meningkatkan fungsi dan kinerja proyek bangunan sebelum, selama, dan setelah tahap konstruksi.

3. Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) Dalam Analisis Struktur Menggunakan *Autodesk Robot Structural Analysis Professional* Untuk Mengoptimalkan *Value engineering*

Penelitian yang dilakukan pada tahun 2023 oleh Hanggara dan Nurchasanah mengambil objek berupa struktur balok dan kolom dengan kapasitas beban terbesar pada Tower ITS 2, yang dianalisis ulang menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional untuk mendapatkan desain tulangan yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi implementasi BIM dengan mengintegrasikan *Autodesk Robot Structural Analysis Professional* dan *Autodesk Revit* dalam perencanaan desain struktur, guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas, serta mengoptimalkan rekayasa nilai (*value engineering*) dalam proyek konstruksi. Metode yang diambil berupa pengaplikasian *Building Information Modelling* (BIM) menggunakan *software* aplikasi *Autodesk Robot Structural Analysis Professional* 2023 untuk analisis struktur dan *Autodesk Revit* 2023 untuk pemodelan 3D. Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi BIM dengan integrasi *Autodesk Robot Structural Analysis Professional* dan *Autodesk Revit* menghasilkan desain tulangan yang efisien. Pada balok B2.B (500x1000), desain tulangan tumpuan atas adalah 10 D22 dan bawah 5 D22, sementara pada kolom K1 (900x1500), tulangan utama sebanyak 22 D32 dengan sengkang D13 pada jarak 100 mm di daerah lapangan dan 150 mm di daerah tumpuan. Integrasi ini mempermudah pemodelan 3D struktur beserta detail penulangan, sehingga meningkatkan efisiensi dalam perencanaan dan dapat mengoptimalkan rekayasa nilai dalam proyek konstruksi.

4. *Building Information Modeling and Value engineering for Project Schedule and Cost Control*

Peneiltian ini dilakukan oleh Amoah, K dan Wao, J yang dilakukan pada tahun 2023. Peneiltian ini bertujuan untuk meneliti bagaimana integrasi

Building Information Modeling (BIM) dan *Value engineering* (VE) dapat meningkatkan pengendalian jadwal dan biaya proyek konstruksi. Penelitian ini ditujukan pada Proyek konstruksi yang menerapkan BIM dan VE untuk perencanaan dan pengendalian proyek. Metode penelitian ini melibatkan analisis literatur terkait BIM dan VE serta studi kasus pada proyek konstruksi yang menerapkan kedua pendekatan tersebut. kualitas. Hasil dari penelitian ini yaitu dapat meningkatkan pengendalian waktu dan biaya proyek. BIM memperbaiki komunikasi serta koordinasi, mengurangi risiko kesalahan desain, sementara VE mengoptimalkan elemen proyek tanpa menurunkan kualitas. Kombinasi keduanya memungkinkan perencanaan lebih akurat, meminimalkan keterlambatan, dan mengendalikan biaya secara efektif.

5. *Synergizing BIM and Value engineering in the Construction of Residential Projects A Novel Integration Framework*

Penelitian ini dilakukan oleh Mohamed, dkk pada tahun 2024. Objek penelitian berupa proyek konstruksi perumahan, khususnya proyek vila kembar dengan menggunakan metode pendekatan tinjauan ekstensif, pengembangan kerangka serta penerapan prinsip BIM. Peneliti tersebut bertujuan untuk mengembangkan kerangka kerja komprehensif yang mengintegrasikan BIM 5D dengan proses VE guna meningkatkan manajemen biaya dan optimalisasi nilai proyek dalam konstruksi perumahan. Tujuan khususnya meliputi identifikasi dan evaluasi alternatif konstruksi yang paling efektif dari segi biaya. Hasil dari Integrasi BIM dan VE yaitu dapat meningkatkan signifikan dalam efisiensi proyek, kualitas, dan efektivitas biaya, dengan temuan utama sebagai berikut:

- a. Pengurangan biaya material lantai sebesar 42%.
- b. Pengurangan biaya material pintu sebesar 30%.
- c. Penghematan total biaya proyek sebesar 35%.
- d. Pengurangan durasi proyek sebesar 15%.

Peningkatan kualitas desain dan kolaborasi pemangku kepentingan. Temuan ini menekankan potensi transformasional dari integrasi BIM-VE dalam

praktik manajemen biaya di industri konstruksi, khususnya dalam proyek perumahan.

6. *VEIDEA: A Comprehensive Framework for Implementing Building Information Modeling-Based Value engineering Within a Common Data Environment in Construction Projects*

Penelitian yang dilakukan oleh Abdelalim, A. M., dkk pada tahun 2024 bertujuan untuk mengembangkan kerangka kerja yang mengintegrasikan VE dan BIM dalam CDE guna meningkatkan pengambilan keputusan dan kinerja proyek konstruksi. Penelitian ini menggunakan metode dengan cara mengembangkan kerangka kerja VEIDEA yang mengintegrasikan CE dan BIM dalam Common Data Environment (CDE). Objek pada penelitian ini yaitu pada Industri AEC, khususnya pada proyek konstruksi berskala besar dan kompleks yang sering menghadapi tantangan. Hasil dari penerapan VEIDEA pada studi kasus gedung perkantoran menunjukkan efisiensi biaya yang signifikan, seperti penghematan 20% pada pelat beton bertulang dan 39% pada material lantai, membuktikan efektivitas integrasi VE dan BIM dalam meningkatkan efisiensi proyek konstruksi.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

Peneliti Terdahulu							Rencana Penelitian
Peneliti	Baarimah, dkk. (2021)	Li, dkk. (2021)	Hanggara dan Nurchasanah (2023)	Mohamed, dkk. (2024)	Amoah, K dan Wao, J (2023)	Abdelalim, A. M., dkk (2024)	Agustina, (2025)
Judul	<i>Integration of Building Information Modeling (BIM) and Value engineering in Construction Projects A Bibliometric Analysis</i>	<i>Case Study on BIM and Value engineering Integration for Construction Cost Control</i>	Implementasi <i>Building Information Modeling (BIM)</i> Dalam Analisis Struktur Menggunakan <i>Autodesk Robot Structural Analysis Professional</i> Untuk Mengoptimalkan <i>Value engineering</i>	<i>Synergizing BIM and Value engineering in the Construction of Residential Projects A Novel Integration Framework</i>	<i>Building Information Modeling and Value engineering for Project Schedule and Cost Control</i>	<i>VEIDEA: A Comprehensive Framework for Implementing Building Information Modeling-Based Value engineering Within a Common Data Environment in Construction Projects</i>	Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM Dan <i>Value engineering</i> Studi Kasus: Gudang PT Supernova Flexible Packaging
Tujuan	Mengeksplorasi integrasi BIM dan VE dalam proyek konstruksi melalui analisis bibliometric serta mengidentifikasi tren penelitian, hubungan antar konsep, dan area penelitian potensial yang belum banyak dibahas.	Menentukan BIM dapat diintegrasikan dengan VE untuk meningkatkan kontrol biaya konstruksi dan mengilustrasikan manfaat dari integrasi ini	Mengevaluasi implementasi BIM dengan mengintegrasikan <i>Autodesk Robot Structural Analysis Professional</i> dan Autodesk Revit dalam perencanaan desain struktur, guna meningkatkan efisiensi, efektivitas, serta mengoptimalkan rekayasa nilai dalam proyek konstruksi	Mengembangkan kerangka kerja komprehensif yang mengintegrasikan BIM 5D dengan proses VE guna meningkatkan manajemen biaya dan optimalisasi nilai proyek dalam konstruksi perumahan dan mengidentifikasi alternatif konstruksi yang paling efektif dari segi biaya.	Meneliti bagaimana integrasi Building Information Modeling (BIM) dan <i>Value engineering (VE)</i> dapat meningkatkan pengendalian jadwal dan biaya proyek konstruksi.	Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kerangka kerja yang mengintegrasikan VE dan BIM dalam CDE guna meningkatkan pengambilan keputusan dan kinerja proyek konstruksi	Mengetahui apa saja alternatif optimalisasi biaya pada pekerjaan struktur atas serta berapa signifikansi biaya pekerjaan struktur atas gudang PT Supernova Flexible Packaging setelah dilakukan optimasi biaya dengan dengan pendekatan <i>value engineering</i> dan BIM
Objek	Artikel dan jurnal Internasional yang diindeks oleh Scopus.	Proyek gedung bertingkat tinggi di China	Struktur balok dan kolom dengan kapasitas beban terbesar pada Tower ITS 2	Proyek konstruksi perumahan, khususnya proyek vila kembar	Proyek konstruksi yang menerapkan BIM dan VE untuk perencanaan dan pengendalian proyek.	Industri AEC, khususnya pada proyek konstruksi berskala besar dan kompleks yang sering menghadapi tantangan	PT Supernova Flexible Packaging

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu dan Rencana Penelitian

Peneliti Terdahulu							Rencana Penelitian
Peneliti	Baarimah, dkk. (2021)	Li, dkk. (2021)	Hanggara dan Nurchasanah (2023)	Mohamed, dkk. (2024)	Amoah, K dan Wao, J (2023)	Abdelalim, A. M., dkk (2024)	Agustina, (2025)
Metode	Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometric.	Penelitian ini mengusulkan kerangka kerja berdasarkan <i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP) dan metode entropi untuk menghitung bobot dan koefisien.	Melakukan Pemodelan struktur dengan menggunakan <i>Autodesk Robot Structural Analysis Professional</i> 2023 untuk analisis struktur dan <i>Autodesk Revit</i> 2023 untuk pemodelan 3D.	Pendekatan penelitian ini mencakup tinjauan ekstensif terhadap praktik dan metodologi BIM dan VE yang ada. Pengembangan kerangka kerja terintegrasi BIM-VE. Serta penerapan prinsip BIM 5D untuk meningkatkan visualisasi, estimasi biaya, dan penjadwalan.	Metode penelitian ini melibatkan analisis literatur terkait BIM dan VE serta studi kasus pada proyek konstruksi yang menerapkan kedua pendekatan tersebut. kualitas.	Metode penelitian ini mengembangkan kerangka kerja VEIDEA yang mengintegrasikan CE dan BIM dalam <i>Common Data Environment</i> (CDE).	Studi kasus, dengan pemodelan 3D BIM, dilakukan analisis VE dan dilakukan perhitungan biaya dari <i>Quantity Take Off</i> model 3D
Hasil	Penelitian menunjukkan tren peningkatan publikasi tentang integrasi BIM dan VE, dengan Amerika Serikat sebagai kontributor utama. Fokusnya adalah optimalisasi biaya dan waktu dalam proyek konstruksi. Tantangan yang dihadapi meliputi interoperabilitas teknologi dan standar yang tidak konsisten, dengan rekomendasi untuk studi lanjutan.	Integrasi BIM dalam proses VE memudahkan modifikasi desain dan ekstraksi data biaya, menghasilkan penghematan biaya proyek hingga 10% dan pengurangan durasi proyek. Selain itu, kualitas dan kinerja proyek secara keseluruhan meningkat, menekankan pentingnya integrasi BIM dan VE dalam meningkatkan fungsi dan kinerja proyek bangunan di semua tahap konstruksi.	Penelitian ini menghasilkan desain tulangan yang lebih efisien. Untuk balok B2.B (500x1000), tulangan atas dirancang 10 D22 dan bawah 5 D22, sementara kolom K1 (900x1500) menggunakan 22 D32 sebagai tulangan utama dengan sengkang D13 pada jarak 100 mm di daerah lapangan dan 150 mm di daerah tumpuan.	Integrasi BIM dan VE secara signifikan meningkatkan efisiensi proyek, kualitas, dan efektivitas biaya dengan hasil utama sebagai berikut: pengurangan biaya material lantai sebesar 42%, biaya material pintu sebesar 30%, dan total biaya proyek sebesar 35%. Selain itu, durasi proyek berkurang 15%, disertai peningkatan kualitas desain dan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Temuan ini menyoroti potensi transformasional integrasi BIM-VE dalam manajemen biaya di industri konstruksi, terutama pada proyek perumahan.	Integrasi BIM dan VE meningkatkan pengendalian waktu dan biaya proyek. BIM memperbaiki komunikasi serta koordinasi, mengurangi risiko kesalahan desain, sementara VE mengoptimalkan elemen proyek tanpa menurunkan kualitas. Kombinasi keduanya memungkinkan perencanaan lebih akurat, meminimalkan keterlambatan, dan mengendalikan biaya secara efektif.	Hasil penerapan VEIDEA pada studi kasus gedung perkantoran menunjukkan efisiensi biaya yang signifikan, seperti penghematan 20% pada pelat beton bertulang dan 39% pada material lantai, membuktikan efektivitas integrasi VE dan BIM dalam meningkatkan efisiensi proyek konstruksi.	

Berdasarkan Tabel 2.1 di atas, maka dapat disimpulkan bahwa keaslian penelitian ini terletak pada objek yang diteliti yaitu berupa bangunan baja pada Kawasan Industri MM2100 XV, Jl. Irian Blok RR No.11, Cikedokan, Kec. Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, yang sebelumnya belum pernah dilakukan penelitian terhadap objek tersebut. Selain itu terdapat perbedaan penelitian yang akan dilakukan yaitu pada metode yang digunakan, pada penelitian ini akan menggunakan *software* BIM berupa Revit dan aplikasi analisis struktur berupa SAP 2000, IdeaStatica dan aplikasi NVivo12 dalam pengolahan data kualitatif.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Value Engineering* dan *Value Management*

Value engineering (VE) dan *Value Management* (VM) adalah dua pendekatan yang sering digunakan untuk meningkatkan nilai suatu proyek atau produk, tetapi memiliki fokus dan penerapan yang sedikit berbeda. *Value engineering* adalah alat yang efektif untuk mengelola waktu, biaya, dan kualitas dalam proyek konstruksi untuk memaksimalkan nilai, dengan penelitian baru yang meningkatkan efisiensi dan produktivitas. (Chen dkk., 2022). VE biasanya diterapkan pada tahap-tahap akhir desain atau selama proses konstruksi, dengan tujuan menemukan cara alternatif yang lebih efisien tanpa mengurangi kualitas atau fungsi utama. Proses ini melibatkan analisis mendalam terhadap fungsi-fungsi yang ada untuk mencari peluang penghematan dan perbaikan. *Value Management*, di sisi lain, merupakan pendekatan yang lebih luas dan strategis, digunakan sejak awal perencanaan proyek untuk memastikan bahwa semua keputusan yang diambil selaras dengan tujuan nilai maksimal. *Value Management* berfokus pada pemahaman mendalam tentang kebutuhan dan prioritas pemangku kepentingan, serta mengeksplorasi berbagai opsi sejak awal untuk mencapai hasil terbaik.

Value Management sering kali digunakan di tahap awal proyek untuk menetapkan dasar yang kuat bagi keputusan nilai, sementara *Value engineering* lebih berfokus pada detail teknis dan implementasi alternatif yang efisien di tahap-tahap selanjutnya. Namun keduanya dapat diterapkan dalam pengembangan proyek yang nantinya akan berdampak signifikan terhadap keberlanjutan proyek, meningkatkan dan mencapai nilai proyek yang diinginkan. (Latif & Ghazali, 2019)

3.1.1 Definisi VE

Menurut Elhegazy (2022), *value engineering* (VE) adalah metode sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan nilai suatu proyek atau produk dengan cara menganalisis fungsinya dan mencari alternatif yang lebih efektif dari segi biaya, tanpa mengorbankan kualitas, performa, atau fungsi utamanya. Dalam konteks konstruksi, VE diterapkan untuk mengidentifikasi cara-cara yang lebih efisien dalam penggunaan material, proses, dan sumber daya guna mencapai hasil yang optimal dengan biaya yang lebih rendah (Biglar dkk., 2023)

3.1.2 Tujuan VE

Value engineering memiliki tujuan untuk meningkatkan nilai suatu proyek atau produk dengan mengidentifikasi dan menghilangkan biaya yang tidak perlu, tanpa mengorbankan kualitas, fungsi, atau kinerja. VE sering digunakan dalam industri konstruksi untuk mengoptimalkan desain dan proses, sehingga menghasilkan penghematan yang signifikan dan meningkatkan efisiensi proyek.

3.1.3 Karakteristik *Value engineering*

Zimmerman (1998) mendefinisikan rekayasa nilai sebagai metode penghematan biaya yang menggunakan pendekatan sistematis untuk menyeimbangkan fungsi biaya, kekuatan, dan penampilan dalam suatu proyek. Berorientasi pada sistem, menganalisis proyek secara keseluruhan dengan memeriksa hubungan antara komponen-komponennya dan menghilangkan biaya yang tidak perlu. Prosesnya dimulai dengan mengidentifikasi fungsi-fungsi yang diperlukan dan dilakukan oleh tim multidisiplin, termasuk para ahli dari berbagai bidang dan konsultan rekayasa nilai. Selain itu, pendekatan ini mengambil pendekatan berorientasi siklus hidup, mengevaluasi total biaya kepemilikan dan pengoperasian fasilitas sepanjang masa pakainya, dan diakui sebagai teknik manajemen yang terbukti. (Thoengsal, 2023)

3.1.4 Tahapan *Value engineering*

Tahapan dalam *value engineering* terdiri dari beberapa langkah sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan nilai suatu produk atau proyek dengan cara mengoptimalkan fungsi dan mengurangi biaya. Berikut merupakan tahapan-tahapan *value engineering* menurut SAVE International Value Standard (1999) tahapan dalam aplikasi VE dibagi menjadi 6 yaitu. (Nugroho dkk., 2023)

1. Pengumpulan Informasi: Tahap informasi bertujuan untuk mengumpulkan dan menganalisis data sejak tahap pra-workshop, dengan menetapkan kondisi proyek, permasalahan yang perlu diselesaikan, perbaikan yang dibutuhkan, serta faktor-faktor evaluasi. Pada tahap ini, tim diberikan kesempatan untuk mengajukan pertanyaan berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Aktivitas utama yang dilakukan mencakup perolehan informasi lengkap mengenai proyek, seperti ruang lingkup pekerjaan, Gambar teknis, spesifikasi, laporan, anggaran, biaya, jadwal, kualitas data, dan risiko yang mungkin terjadi. Selain itu, tahap ini juga berfokus pada pemetaan dan prioritas isu-isu utama, analisis fungsi proyek, serta pemahaman terhadap pengoperasian proyek melalui presentasi desain formal. Lebih lanjut, pemahaman yang mendalam mengenai proyek diperoleh dengan mengidentifikasi tujuan pemilik serta kriteria utama yang menjadi acuan dalam pelaksanaannya.
 - a. Data umum proyek yaitu menjelaskan tentang informasi terkait objek dan proyek yang akan dilakukan tinjauan. Sehingga mengumpulkan data berupa nama proyek, lokasi proyek, Pemilik proyek, Kontraktor, Pengawas, dan lain-lain.
 - b. Data teknis merupakan data yang menjelaskan rincian teknis untuk perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi seperti Gambar teknis, spesifikasi material, detail struktur, dan lain-lain.
 - c. Kondisi dan karakteristik proyek
 - d. Biaya proyek merupakan seluruh pengeluaran yang diperlukan untuk merencanakan, membangun, dan menyelesaikan suatu proyek konstruksi seperti biaya langsung, biaya tidak langsung, biaya tak terduga, dan lain-lain.

- e. Distribusi pareto digunakan dalam mengidentifikasi faktor-faktor utama yang paling berpengaruh terhadap suatu hasil.
2. Analisis Fungsi: Tahap ini menganalisis fungsi setiap elemen proyek, menggunakan teknik FAST (*Function Analysis Technique*) yang dirancang untuk menguji fungsi proyek secara menyeluruh dan memastikan beberapa hal penting, seperti pengenalan fungsi utama dan pendukung, klasifikasi fungsi berdasarkan perannya, serta pembangunan model fungsi untuk memvisualisasikan hubungan antar elemen. Selain itu, FAST juga membantu dalam memperkirakan biaya pelaksanaan setiap fungsi yang teridentifikasi, mengidentifikasi peluang terbaik untuk meningkatkan kinerja proyek, dan menyempurnakan ruang lingkup penelitian agar lebih fokus dan relevan dengan kebutuhan proyek.
 3. Kreatif (Pengembangan Alternatif): bertujuan untuk menghasilkan daftar ide alternatif dalam melaksanakan fungsi-fungsi yang telah dipilih. Dalam fase ini, tim VE (*value engineering*) berfokus pada pengembangan solusi yang lebih optimal dari solusi yang ada untuk memenuhi fungsi yang diperlukan dengan biaya yang lebih rendah bagi pemilik proyek. Tim VE mengusulkan berbagai alternatif untuk meningkatkan nilai proyek, termasuk ide-ide yang relevan yang dapat dievaluasi dan dimanfaatkan dalam analisis fungsional. Ide-ide kreatif yang muncul selama workshop menjadi bagian penting dari laporan VE, yang nantinya digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan dan implementasi proyek. Teknik- Teknik dalam memunculkan ide dapat dilihat sebagai berikut.
 - a. *Brainstorming*

Prinsip dasar metode *brainstorming* menurut Novyanti & Alinurdin (2021) :

 - 1) Kuantitas ide lebih diutamakan dibandingkan kualitas.

Bertujuan untuk mendorong partisipasi bebas dan terbuka dari seluruh anggota tim, memfasilitasi keluarnya ide-ide segar yang mungkin tidak muncul dalam diskusi biasa. Semakin banyak ide yang tercetus, maka semakin besar kemungkinan untuk

menemukan solusi inovatif dan efektif yang dapat meningkatkan nilai proyek.

- 2) Setiap pendapat yang muncul tidak untuk langsung ditanggapi. Bertujuan untuk menciptakan suasana yang bebas tekanan, di mana setiap peserta merasa aman untuk menyampaikan pendapatnya tanpa takut disalahkan atau dipermalukan. Lingkungan yang non-judgmental ini sangat penting agar kreativitas individu dan kelompok dapat berkembang secara optimal.

b. Studi Literatur

Salah satu teknik yang efektif dalam memunculkan ide, khususnya dalam penelitian atau proses kreatif seperti *value engineering*, adalah dengan melakukan studi literatur. Studi literatur merupakan proses sistematis dalam menelaah berbagai referensi ilmiah, jurnal, buku, laporan teknis, dan dokumen relevan lainnya untuk memahami konsep, tren, serta solusi yang telah diterapkan sebelumnya. Melalui teknik ini, ide-ide baru dapat dikembangkan berdasarkan pengalaman, temuan, dan kekurangan dari penelitian atau proyek terdahulu. Creswell (2014) menyatakan bahwa studi literatur tidak hanya memberikan dasar teori dan konsep, tetapi juga mengarahkan peneliti atau pengambil keputusan untuk berpikir kritis dan analitis terhadap berbagai pendekatan yang telah digunakan sebelumnya. Dengan kata lain, studi literatur menjadi sumber inspirasi untuk merumuskan ide-ide yang lebih terarah, berbasis bukti, dan memiliki landasan kuat untuk dikembangkan lebih lanjut.

4. Evaluasi: Tahap evaluasi bertujuan untuk memilih dan mengembangkan ide terbaik menjadi rekomendasi yang spesifik dan bernilai. Proses ini memprioritaskan ide berdasarkan potensi penghematan, waktu desain ulang, dan penerimaan pemilik proyek. Pemilihan ide-ide tersebut nantinya akan dilakukan dengan penyebaran kuisioner dengan responden dari bidang akademisi dan praktisi. Pengolahan data responden akan dilakukan dengan analisis sebagai berikut.

- a. Analisis Keuntungan Kerugian: Analisis keuntungan-kerugian atau *Cost-Benefit Analysis* (CBA) adalah metode sistematis yang digunakan untuk menilai manfaat (*benefit*) dan biaya (*cost*) dari suatu proyek, kebijakan, atau keputusan guna menentukan kelayakan ekonominya. Menurut Jaya dkk. (2019) dalam analisis keuntungan dan kerugian, penilaian dilakukan berdasarkan beberapa kriteria seperti biaya awal, waktu pelaksanaan, fungsi, metode pelaksanaan, struktur, dan kondisi setempat. Masing-masing kriteria diberi tingkat kepentingan dengan poin yang mencerminkan prioritasnya, mulai dari yang paling penting hingga yang relatif lebih rendah. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dengan peringkat yang diberikan kepada setiap alternatif berdasarkan aturan: alternatif dengan keuntungan paling banyak dan kerugian paling sedikit mendapat peringkat tertinggi, diikuti oleh alternatif dengan keuntungan dan kerugian sedang, sedangkan alternatif dengan biaya paling tinggi, keuntungan paling sedikit, dan kerugian paling banyak mendapat peringkat terendah.
- b. *Analytical Hierarchy Process* (AHP):

Kemudian untuk menentukan bobot dari tiap aspek atau kriteria pemilihan desain fondasi digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Setelah diketahui bobot atau nilai dari masing masing kriteria selanjutnya alternatif-alternatif tersebut dinilai berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan. Setelah dilakukan penilaian akan didapatkan ranking dari alternatif yang ada berdasarkan nilai yang diperoleh. Alternatif terbaik atau ranking pertama inilah yang kemudian didesain dan direkomendasikan. Menurut Saaty & Vargas (2022) dalam Pant dkk. (2022) menetapkan batas toleransi sebesar 0,10. Jika nilai *Consistency Ratio* (CR) lebih besar dari itu, maka kredibilitas atau keandalan penilaian yang diberikan dipertanyakan. Saaty menetapkan ambang 10% berdasarkan eksperimen statistik dan simulasi. Berikut Langkah Langkah dalam AHP menurut Saaty & Vargas (2022) dalam Saputro (2023)

- 1) Mendefinisikan masalah dan solusi yang diinginkan.
- 2) Membuat struktur hierarki yang terdiri dari tiga tingkatan: tujuan utama di tingkat pertama, kriteria penilaian di tingkat kedua, dan alternatif solusi di tingkat ketiga
- 3) Menentukan prioritas tiap elemen dengan melakukan perbandingan berpasangan antar elemen terhadap tiap kriteria, menggunakan matriks perbandingan berpasangan. Setiap perbandingan dalam matriks diberikan nilai untuk mengubah pendapat yang bersifat kualitatif menjadi kuantitatif. Tujuannya adalah agar bobot masing-masing alternatif dapat dihitung dan skala prioritasnya ditentukan. Skala penilaian yang digunakan adalah skala 1 sampai 9, sebagaimana dikembangkan oleh Saaty, yang terbukti memiliki tingkat akurasi tinggi berdasarkan analisis *Root Mean Square Deviation* (RMS) dan *Median Absolute Deviation* (MAD). Skala ini memungkinkan pendapat subjektif diolah secara objektif dalam perhitungan AHP. Skala Banding berpasangan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Skala Banding Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

(Sumber : Saaty, 1993)

- 4) Langkah sintesis dalam metode AHP dilakukan untuk menyatukan seluruh hasil perbandingan berpasangan menjadi satu nilai prioritas akhir. Proses ini melibatkan penjumlahan dan pembobotan, sehingga dihasilkan bilangan tunggal yang mewakili tingkat prioritas masing-masing elemen. Nilai ini menunjukkan alternatif mana yang paling diutamakan berdasarkan keseluruhan kriteria yang telah ditentukan. Berikut langkah-langkah dalam melakukan sintesis AHP.
- a) Menjumlahkan nilai pada setiap kolom.
 - b) Mencari matriks yang dinormalisasi, dengan membagi setiap entri kolom dengan hasil penjumlahan pada setiap kolom
 - c) Mencari nilai rata-rata (bobot) dari setiap baris (kriteria).
- 5) Langkah pemeriksaan konsistensi dalam AHP dilakukan untuk memastikan bahwa hasil keputusan tidak didasarkan pada pertimbangan yang acak atau tidak logis. Nilai *Consistency Ratio* (CR) yang diperoleh harus $\leq 10\%$ (0,1) agar penilaian dianggap konsisten. Berikut langkah-langkah dalam memeriksa konsistensi data.
- a) Mencari bobot vektor, dengan mengalikan antara matrik judgement awal dengan bobot kriteria.
 - b) Mencari nilai vektor konsistensi, dengan melakukan pembagian antara bobot vektor dibagi dengan bobot kriteria
 - c) Mencari nilai *Maximum Eigen Value* dengan persamaan sebagai 3.1 berikut.

$$\lambda_{\text{maks}} = \frac{\text{Jumlah vektor konsistensi}}{n} \quad (3.1)$$

dengan:

λ_{maks} = *Maximum Eigen Value*

n = Jumlah entri vektor konsistensi

- d) Mencari nilai *Consistency Ratio* (CR) dengan persamaan sebagai 3.1 berikut.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.2)$$

Dengan:

CR = *Consistency Ratio*

CI = *Consistency Index*

RI = *Random Index*

Nilai acak RI (*Random Index*) didapatkan dari Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Nilai Random Index

Ordo Matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

(Sumber: Saaty, 1980)

- c. Analisis Pembobotan Menyeluruh: Setelah bobot dari masing-masing kriteria dan alternatif diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan pembobotan secara menyeluruh terhadap semua alternatif. Proses ini dilakukan dengan cara mengalikan bobot kriteria dengan bobot alternatif pada masing-masing kriteria, kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai total setiap alternatif. Nilai ini menunjukkan *ranking* atau prioritas dari alternatif yang ada. Alternatif dengan nilai tertinggi dianggap sebagai pilihan terbaik dan akan dilanjutkan ke tahap perancangan atau pengembangan.
5. Pengembangan: Tahap pengembangan bertujuan untuk mengumpulkan data tambahan dan menganalisis secara mendalam alternatif terbaik yang telah dipilih pada tahap evaluasi. Analisis ini mencakup kelayakan teknis dan

ekonomi, serta pengintegrasian alternatif terbaik ke dalam rekomendasi akhir. Selama tahap ini, beberapa kegiatan utama dilakukan, seperti memberikan deskripsi desain asli dan rekomendasi untuk desain baru yang diusulkan, menyajikan Gambaran kelebihan dan manfaat dari usulan tersebut, membahas isi dan topik proposal secara rinci, serta melakukan tinjauan biaya yang mencakup analisis *Life Cycle Costing*. Tinjauan ini mempertimbangkan berbagai elemen biaya, seperti biaya konstruksi awal, pemeliharaan, dan operasional, untuk memastikan solusi yang diusulkan bernilai ekonomis dan berkelanjutan.

6. Presentasi: Tahap akhir penelitian bertujuan untuk menyampaikan rekomendasi *value engineering* (VE) melalui laporan tertulis yang dilengkapi dengan presentasi lisan kepada pemilik, pengguna, dan tim desain. Dalam penyampaian ini, rekomendasi disertai dengan alasan yang mendasari pengembangannya serta ringkasan dampak biaya utama. Tujuannya adalah untuk memungkinkan para pemangku kepentingan mengambil keputusan terkait proposal VE yang akan diimplementasikan dan dimasukkan ke dalam desain proyek.

3.1.5 Aspek-Aspek *Value engineering*

Aspek-aspek dalam *Value engineering* mencakup pendekatan yang berorientasi pada sistem, pemahaman terhadap fungsi produk, penggunaan tim multidisiplin, serta perencanaan yang memperhatikan biaya jangka panjang. Pendekatan ini telah terbukti menjadi teknik manajemen yang efektif dalam mencapai efisiensi biaya dan peningkatan nilai suatu proyek. Berikut aspek-aspek *value engineering* menurut Pustaka, (2024).

1. Nilai (*Value*)

Nilai merujuk pada alasan mengapa suatu cara atau keadaan lebih disukai secara sosial, dan sering kali sulit dibedakan dari biaya atau harga karena melibatkan elemen subyektif. Nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaan, sementara biaya bergantung pada substansi atau harga komponen barang,

dengan nilai lebih bersifat subyektif dan biaya lebih objektif, berdasarkan pengeluaran yang dikeluarkan. Nilai dibagi menjadi 2 yaitu.

- a. Nilai guna (*Use value*): merujuk pada manfaat atau kegunaan suatu barang atau tindakan
- b. Nilai Kebanggaan (*Esteem value*): merujuk pada nilai yang diberikan berdasarkan status sosial, moral, estetika, atau ekonomi

2. Fungsi (*Function*)

Fungsi merujuk pada segala hal yang dapat diberikan atau dilakukan oleh suatu produk untuk mendukung pelaksanaan pekerjaan. Fungsi dibagi menjadi 3 kelompok yaitu.

- a. Fungsi dasar: merupakan alasan pokok sistem itu terwujud, fungsi dasar bersifat tetap dan tidak dapat diubah; jika fungsi tersebut hilang, nilai jual yang terkait juga akan hilang.
- b. Fungsi sekunder: adalah kegunaan yang mendukung fungsi dasar, namun kadang dapat menimbulkan dampak kurang menguntungkan. Menghilangkan fungsi sekunder tidak akan mempengaruhi kemampuan fungsi utama.
- c. Fungsi tak perlu: Merupakan segala sesuatu yang diberikan namun tidak memiliki nilai kegunaan, nilai tambah, nilai tukar, atau nilai estetika.

3. Biaya (*Cost*).

Biaya mencakup semua usaha dan pengeluaran yang dikeluarkan untuk mengembangkan, memproduksi, dan mengaplikasikan suatu produk. Produsen harus mempertimbangkan dampak biaya terhadap kualitas, ketahanan, dan pemeliharaan, yang pada gilirannya memengaruhi biaya bagi pengguna. *Life Cycle Cost* (LCC) mencakup seluruh biaya dari tahap perencanaan hingga akhir pemanfaatan fasilitas, yang meliputi biaya investasi, pembiayaan, operasional, pemeliharaan, perubahan, pajak, dan salvage value (nilai sisa). Biaya pengembangan adalah komponen besar dari total biaya, sementara biaya produksi sering kali mengandung biaya yang

tidak perlu, yang dapat menurunkan nilai suatu produk seperti material, tenaga kerja, dan overhead

4. Hubungan Nilai, Fungsi dan Biaya

Berikut merupakan hubungan antara nilai, biaya, dan fungsi dapat dilihat melalui Persamaan 3.3 berikut.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Fungsi}}{\text{Biaya}} \quad (3.3)$$

Dari rumus di atas, maka nilai dapat ditingkatkan dengan cara Meningkatkan atau memperbaiki fungsi tanpa menambah biaya produk/jasa, serta mengurangi biaya sambil mempertahankan fungsi untuk meminimalkan biaya produksi, merupakan kombinasi dari kedua pendekatan tersebut.

3.2 *Building Information Modelling (BIM)*

Teknologi BIM dianggap sebagai platform baru untuk proyek konstruksi. Penggunaan BIM sepanjang siklus proyek dapat membantu memastikan kelancaran, efektivitas, dan efisiensi konstruksi. BIM juga memfasilitasi pengembangan proyek dari fase konseptual awal hingga desain, konstruksi, dan akhirnya pembongkaran.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa implementasi BIM dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi, yang merupakan manfaat utama dari penerapannya. BIM mampu mengintegrasikan waktu dan biaya, mendukung pembaruan waktu nyata, serta memungkinkan pelacakan dan pemantauan yang efisien sepanjang proyek. Selain itu, BIM dapat digunakan untuk penilaian dan analisis bangunan hijau, mendeteksi bentrokan, dan mengoptimalkan berbagai aspek proyek.

3.2.1 **Manfaat Penggunaan BIM**

Penggunaan sistem baru seperti BIM memiliki banyak manfaat, yang membuatnya banyak digunakan di sektor konstruksi, namun penerapannya tentu menghadapi beberapa hambatan (Wijaya dkk., 2024) Berikut merupakan manfaat penggunaan BIM.

1. Kolaborasi yang lebih baik dimana semua tim bekerja pada platform yang sama.
2. Efisiensi waktu dan biaya
3. Pengelolaan data yang lebih baik
4. Peningkatan kualitas desain dengan cara mengidentifikasi masalah desain sebelum konstruksi dan cara penyelesaian masalahnya.
5. Deteksi konflik dan kesalahan
6. Pemeliharaan dan operasi yang lebih efisien. Sehingga data pada bim dapat digunakan untuk manajemen fasilitas.

Manfaat lainnya misalnya, kolaborasi dengan tim lain, memfasilitasi analisis perencanaan lokasi, meningkatkan keberlanjutan, mempromosikan transparansi dan interoperabilitas, mendukung manajemen keselamatan, dan analisis efisiensi energi berada di bawah nilai rata-rata batas. (Al-Ashmori dkk., 2020)

3.2.2 Dimensi BIM

Secara konsep, dimensi BIM mengacu pada berbagai penggunaan proses BIM. Setiap dimensi menambahkan lapisan pemikiran untuk penggunaan tertentu, memperkaya kumpulan data BIM, dan menjadikannya lebih bermanfaat bagi berbagai pemangku kepentingan sepanjang siklus hidup aset. (Autodesk, 2024)

Menurut Bouguerra dkk. (2020) BIM melangkah lebih maju dibandingkan program CAD 2D dengan menawarkan proses multidimensi. Penggunaan BIM telah diklasifikasikan berdasarkan proses penerapannya, dengan dimensi-dimensi berikut: dimensi ke-3 mencakup ruang, dimensi ke-4 melibatkan waktu atau penjadwalan dan pengurutan, dimensi ke-5 terkait estimasi biaya, dan dimensi ke-6 berfokus pada manajemen fasilitas. Model dimensi dalam BIM dapat dilihat pada Gambar 3.1 Berikut.

3D	<ul style="list-style-type: none"> 2. Model Kondisi eksisting: <ul style="list-style-type: none"> a. Laser scanning b. Ground penetration (Konversi Radar (GPR)) 3. Model Logistik dan safety 4. Animasi, rendering, walkthrough 5. BIM Pre-Pabrikasi 6. Laser accurate BIM driven field layout
4D	<p>SCHEDULING</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Simulasi tahapan proyek 2. Mempelajari penjadwalan: <ul style="list-style-type: none"> a. Perencanaan akhir b. Just in Time (JIT) mengirim peralatan c. Instalasi simulasi detail 3. Validasi visual untuk persetujuan pembayaran
5D	<p>ESTIMATING</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Pemodelan konsep real time dan perencanaan biaya 2. Ekstrak kuantitas untuk mensupport detail estimasi biaya 3. Trade verification dari model pabrikan: <ul style="list-style-type: none"> a. Struktur baja b. Pembesian c. Mekanikal dan plumbing d. Elektrikal 4. Value Engineering: <ul style="list-style-type: none"> a. Skenario b. Visualisasi c. Ekstak kuantitas 5. Solusi Pre-fabrication: <ul style="list-style-type: none"> a. Ruang peralatan b. MEP c. Multi-trade Prefabrication d. Arsitektural unik dan elemen-elemen struktur
6D	<p>SUSTAINABILITY</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Analisis konsep energi (via Dprofiler) 2. Analisis detail energi (via Eco tech) 3. Sustainable element tracking 4. LEED tracking
7D	<p>APLIKASI FACILITY MANAGEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Strategi Life cycle BIM 2. BIM as-builts 3. BIM embedded O&P Manuals 4. COBe data population dan extraction 5. Perencanaan Pemeliharaan BIM dan Technical support 6. BIM file hosting on Iend Lease's digital exchange system

Gambar 3.1 Model Dimensi dalam BIM
Sumber: KemenPUPR (2018)

3.3 Integrasi BIM dan Value engineering

Integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dan *Value engineering* (VE) dapat memberikan manfaat signifikan dalam proyek konstruksi, terutama dalam meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya tanpa mengorbankan kualitas. Manfaat Integrasi BIM dan VE:

1. Peningkatan Efisiensi: Pengurangan waktu yang diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi alternatif.
2. Penghematan Biaya: Mengurangi biaya konstruksi dengan mempertimbangkan solusi yang lebih ekonomis tanpa mengorbankan kualitas.
3. Peningkatan Kualitas: Memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap semua aspek proyek untuk memastikan kualitas tetap terjaga.
4. Komunikasi yang Lebih Baik: Dengan visualisasi 3D dari BIM, semua pihak dapat lebih mudah memahami rekomendasi VE.

Selain manfaat di atas, Li dkk. (2021) juga berpendapat bahwa integrasi ini memberikan manfaat lain dari penggunaan BIM seperti ekstraksi informasi yang cepat dan perubahan rekayasa secara *real-time* digunakan untuk memperkuat analisis biaya dari studi nilai dan selanjutnya meningkatkan kinerja analisis VE.

3.4 Struktur Baja

Struktur baja adalah salah satu jenis konstruksi yang menggunakan baja sebagai elemen utama untuk menahan beban dan memberikan stabilitas. Menurut Atadsteel (2023) struktur baja merupakan struktur logam yang terdiri dari komponen baja struktural yang saling terhubung untuk mendistribusikan beban dan memberikan kekakuan secara menyeluruh.

3.4.1 Prinsip Dasar Konstruksi Struktur Baja

Prinsip dasar yang perlu diperhatikan dalam perancangan dan konstruksi struktur baja meliputi:

1. **Kekuatan Material:** Baja memiliki kekuatan tarik dan tekan yang tinggi, memungkinkan elemen baja untuk menahan beban besar dengan profil yang relatif kecil dibandingkan material lain seperti beton atau kayu.
2. **Ductility (Kelenturan):** Baja bersifat ductile, yang berarti dapat mengalami deformasi signifikan sebelum gagal, sehingga memberikan peringatan sebelum runtuh dan memungkinkan redistribusi beban ke elemen lainnya.
3. **Relatif Ringan:** Dengan kekuatan yang tinggi per satuan berat, struktur baja biasanya lebih ringan dibandingkan struktur dari bahan lain dengan kapasitas beban yang sama, mempermudah transportasi dan pemasangan.
4. **Prefabrikasi:** Komponen baja dapat diproduksi di pabrik dengan presisi tinggi, mengurangi waktu dan biaya konstruksi di lapangan.
5. **Kemudahan Koneksi:** Baja dapat dengan mudah dihubungkan melalui pengelasan, baut, atau rivet, memberikan fleksibilitas dalam desain dan perakitan.

6. Resistensi terhadap Api: Meskipun baja tidak mudah terbakar, panas tinggi dapat melemahkan kekuatan baja, sehingga perlindungan tambahan seperti pelapisan tahan api sering diperlukan.
7. Perawatan dan Ketahanan: Struktur baja membutuhkan perawatan terhadap korosi, terutama jika digunakan di lingkungan yang lembab atau memiliki paparan zat kimia, namun jika dirawat dengan baik, baja memiliki umur pakai yang sangat panjang.
8. Desain Fleksibilitas: Baja memungkinkan untuk desain yang fleksibel dan inovatif, dengan kemampuan untuk menciptakan bentang panjang tanpa kolom penopang yang banyak.

Prinsip-prinsip ini menjadikan struktur baja pilihan yang populer dalam konstruksi bangunan komersial, jembatan, dan berbagai jenis infrastruktur lainnya.

3.4.2 Profil Baja

Macam-macam profil baja yang digunakan pada industri konstruksi dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Profil Baja

Sumber: Atadsteel (2023)

Berdasarkan Gambar 3.2 di atas, maka dapat dijelaskan profil baja adalah sebagai berikut.

1. *I-Beam*: Baja dengan profil penampang berbentuk huruf I.
2. *Z-shape*: Baja dengan sisi-sisi yang berlawanan, membentuk profil huruf Z.
3. *HSS-shape*: Bagian struktural berongga yang memiliki bentuk persegi, persegi panjang, lingkaran (pipa), atau elips.
4. *Angle*: Baja dengan profil berbentuk L atau siku.
5. Struktural talang: Balok berbentuk C atau baja dengan penampang C.
6. *Tee*: Baja dengan profil penampang berbentuk huruf T.

7. Profil rel: Berbagai bentuk rel yang umumnya digunakan untuk tangga, seperti *Strap rail*, *Flanged rail*, *Baulk rail*, *Barlow rail*, *Flat bottomed rail*, *Double-headed rail*, *Bullhead rail*, *Tangential turnouts*, dan *Grooved rail*.
8. *Bar*: Potongan logam dengan profil persegi panjang namun cukup sempit sehingga tidak membentuk persegi.
9. *Rod*: Batangan logam panjang dengan penampang bulat atau kotak.
10. *Plate*: Lembaran logam dengan ketebalan minimal 4 mm.
11. Balok web terbuka: Jenis balok dengan bagian tengah terbuka, umumnya digunakan dalam konstruksi.

3.5 Autodesk Revit

Revit adalah perangkat lunak BIM dari Autodesk yang digunakan untuk mendesain dan memodelkan berbagai aspek bangunan, termasuk arsitektur, struktur, dan sistem MEP. Menurut Ferry & Indrastuti (2020) Autodesk Revit adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Autodesk untuk mendesain bangunan. Aplikasi ini memudahkan pemodelan informasi konstruksi, termasuk aspek arsitektur, struktural, dan MEP, dengan menggunakan *metode Building Information Modeling (BIM)*.

Autodesk menjelaskan bahwa Revit memungkinkan arsitek, insinyur, dan profesional konstruksi untuk:

1. Membuat model bentuk, struktur, dan sistem dalam 3D dengan akurasi, presisi, dan kemudahan parametrik.
2. Memperlancar manajemen proyek dengan revisi instan pada rencana, elevasi, jadwal, bagian, lembar, dan visualisasi 3D.
3. Menyatukan tim proyek multidisiplin untuk efisiensi, kolaborasi, dan dampak yang lebih tinggi di kantor atau di lokasi kerja.

Menurut Autodesk Revit menawarkan berbagai cara untuk menanamkan informasi biaya ke dalam model. Ia dapat menarik jenis, jumlah, dan biaya komponen-komponen diskret (seperti furnitur) dari model dan memperbaruinya secara otomatis. Ia juga dapat menggunakan dimensi suatu elemen (seperti balok baja) untuk memperoleh biaya; mengubah panjang balok dengan cepat akan secara

otomatis mengubah biayanya. Selain itu, Revit dapat menggabungkan biaya tarif berdasarkan material dan membedakan biaya masing-masing komponen dari rakitan multi-bagian yang lebih besar, seperti dinding.

3.6 SAP 2000

SAP2000 (*Structural Analysis Program*) adalah perangkat lunak analisis dan desain struktur berbasis elemen hingga (*finite element*) yang dikembangkan oleh *Computers and Structures, Inc.* (CSI), Berkeley, California. SAP2000 digunakan secara luas oleh insinyur sipil untuk menganalisis dan mendesain struktur seperti bangunan gedung, jembatan, rangka baja, beton bertulang, hingga sistem kompleks lainnya. (CSI, 2025)

SAP2000 menawarkan serangkaian fitur komprehensif untuk pemodelan struktural, analisis, dan desain. Hal ini memungkinkan para insinyur untuk memodelkan struktur menggunakan berbagai jenis elemen, termasuk rangka, rangka, cangkang, dan kabel. Perangkat lunak ini mendukung metode analisis yang berbeda, seperti analisis statis, dinamis, tekuk, dan *pushover*. Selanjutnya, SAP2000 menyediakan alat visualisasi untuk menampilkan hasil analisis melalui diagram, grafik, dan animasi, membantu pemahaman dan interpretasi hasil. (Suweda, 2023)

3.7 IdeaStatiCa

IDEA StatiCa adalah perangkat lunak rekayasa struktural yang digunakan untuk analisis dan desain elemen struktur, terutama sambungan (*connections*), penampang (*cross-sections*), dan komponen beton pracetak. *Software* ini sangat populer dalam desain struktur baja dan beton karena menggabungkan metode perhitungan berbasis elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) dengan pendekatan berbasis standar desain internasional. (Polimdo Engineering, 2025)

Desain sambungan yang berlebihan dapat meningkatkan biaya proyek secara signifikan. Menurut IDEA StatiCa (2025) dapat membantu mengatasi permasalahan tersebut dengan cara sebagai berikut.

1. Melakukan pemeriksaan semua sambungan sejak awal, bukan hanya sambungan yang dianggap kritis. Hal ini bertujuan untuk menghindari penggunaan ukuran elemen yang terlalu besar.
2. Memfasilitasi pertukaran data koneksi yang akurat dan dapat ditindak lanjuti antara insinyur dan detailer untuk meminimalkan kesalahan dan duplikasi pekerjaan.
3. Membantu mengoptimalkan penggunaan bahan sebelum tahap fabrikasi, sehingga dapat mengurangi jejak karbon dan total biaya konstruksi.
4. Berdasarkan publikasi dari SCI, BCSA, dan TATA *Steel*, material dan fabrikasi menyumbang sekitar 60–80% dari total biaya konstruksi baja — pengurangan desain berlebih berdampak signifikan pada efisiensi biaya.

3.8 NVivo

NVivo adalah perangkat lunak (*software*) yang dirancang khusus untuk membantu proses analisis data kualitatif. Software ini dikembangkan oleh QSR International, dirancang untuk membantu peneliti dalam mengelola, mengkode, dan menganalisis data berupa teks, audio, video, maupun hasil survei. Melalui fitur seperti *coding*, *query*, visualisasi, dan pengelompokan data berdasarkan tema, NVivo sangat membantu dalam proses identifikasi pola dan interpretasi makna yang tersembunyi dalam data kualitatif. *Software* ini juga mendukung berbagai metode analisis seperti grounded theory, analisis tematik, dan studi kasus. NVivo banyak digunakan dalam penelitian sosial, humaniora, psikologi, pendidikan, dan juga dalam riset pasar atau studi evaluasi kebijakan. (QSR International, 2025)

Menurut Dollah dkk. (2017) Keuntungan dari NVivo adalah sebagai berikut.

1. Membantu para peneliti dalam mengelola sejumlah besar data
2. Membantu para peneliti untuk mengidentifikasi tema
3. Dapat menciptakan hubungan di antara tema yang dihasilkan.
4. Menghemat waktu dan tenaga untuk klasifikasi data

Pada NVivo juga terdapat fitur-fitur utama yang akan dijelaskan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Fitur NVivo dan Associated Names

Fitur NVivo	<i>Associated names</i>
<i>Sources</i>	<i>Data, Material, Documents Survey, Transcript, Project items</i>
<i>Node</i>	<i>Code, Theme, Category Topic, Concept</i>
<i>Case</i>	<i>Units of observation Units of analysis Objects of study</i>
<i>Coding</i>	<i>Quotations, Analysis & Tagging</i>
<i>Clasifications</i>	<i>Types, Sorts, Classes</i>
<i>Attributes</i>	<i>Variables, Characteristics, Rating, Descriptors, Bibliographies</i>
<i>Annotations</i>	<i>Comments, Reminders, Observations, Footnote</i>

(Sumber: Dollah, Abduh and Rosmaladewi, 2017)

BAB IV

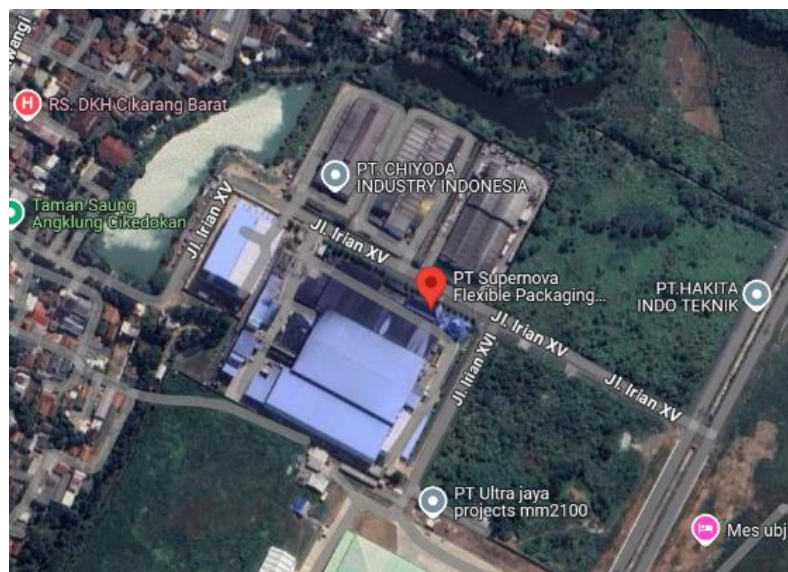
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis Penelitian yang berfokus pada integrasi BIM dengan *value engineering* biasanya termasuk dalam kategori penelitian terapan atau *applied research*. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengimplementasikan penerapan BIM dalam *value engineering*. Sehingga dalam penelitian ini menggunakan metode campuran.

4.2 Subjek dan Objek Penelitian

Subjek pada penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging. Proyek ini berlokasi di Kawasan Industri MM2100 XV, Kec. Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Denah lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Proyek Pembangunan Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging

Sedangkan objek pada penelitian ini adalah integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dan *value engineering* (VE) sebagai metode untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya konstruksi atas.

4.3 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah data Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging. Data yang diperoleh berupa data sekunder dimana data tersebut didapatkan langsung dari kontraktor dengan mengajukan surat permohonan data ke kantor PT Indonesia Xin Hai Steel Structure selaku Kontraktor. Data yang didapatkan adalah sebagai berikut.

1. *Detailed Engineering Design* (DED)
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

4.4 Perangkat Lunak

Dalam melaksanakan penelitian integrasi BIM dengan VE tersebut ada empat perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian:

1. Pengolahan data kualitatif dari hasil wawancara menggunakan *software* NVivo12
2. Pemodelan 3D ada banyak perangkat lunak yang tersedia pasaran, namun untuk penelitian tersebut peneliti akan menggunakan Autodesk Revit 2025.
3. Perhitungan analisis dan desain struktur dilakukan menggunakan *software* SAP2000 v26 dan IdeaStatiCa 21.1
4. Estimasi Biaya menggunakan *software* Microsoft Excel

Perangkat lunak tersebut memiliki peran masih-masih mendukung awal penelitian hingga akhir penelitian.

4.5 Metode Penelitian

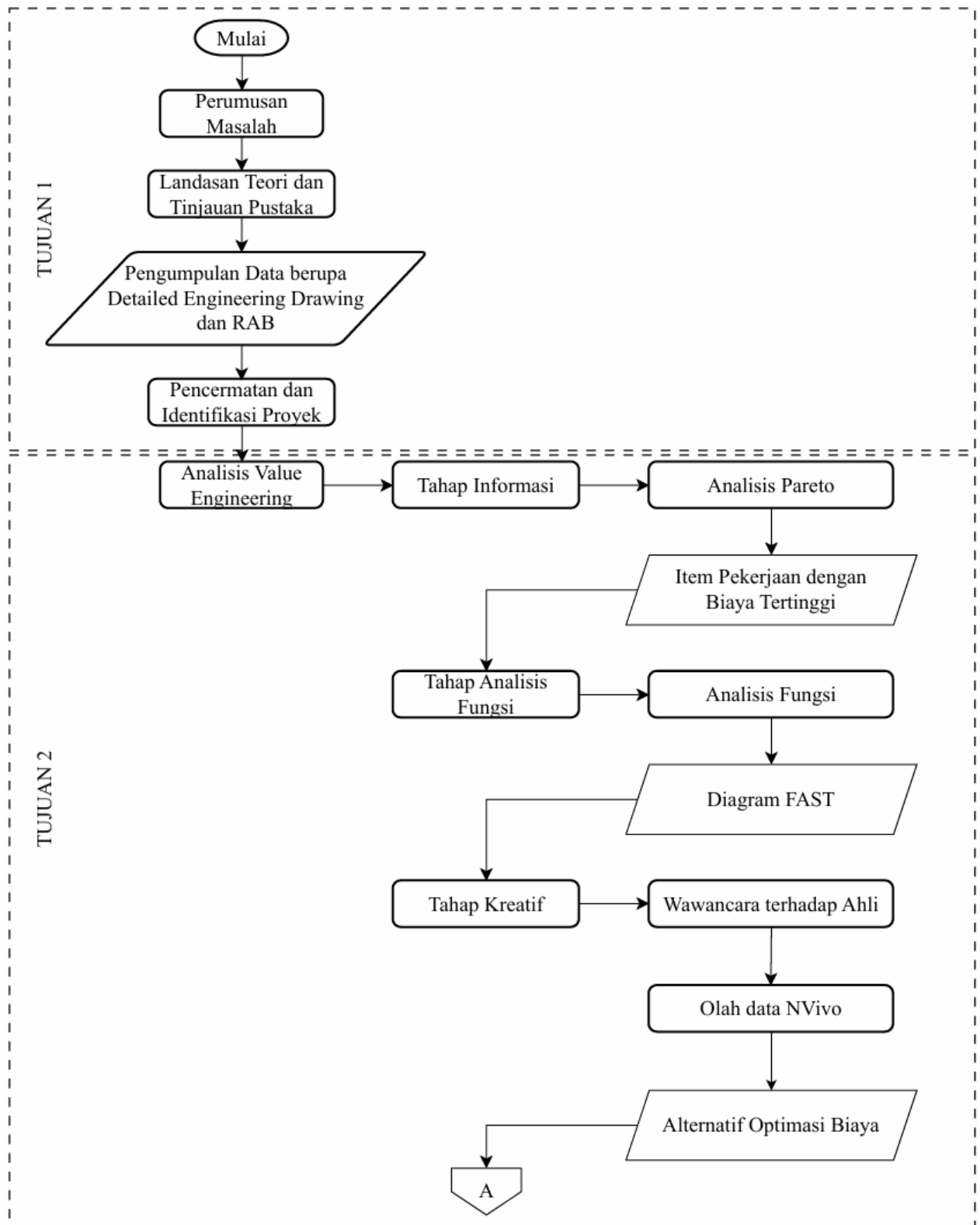
Pada penelitian ini terdapat 3 tujuan yang nantinya diselesaikan, sehingga metode yang digunakan penulis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penyelesaian tujuan pertama dapat dilakukan dengan melakukan analisis terhadap kondisi eksisting proyek pembangunan gedung berdasarkan data teknis menggunakan *software* SAP2000 dimana nantinya akan didapatkan *output* beban yang digunakan dalam model eksisting. Dari *output* ini nantinya akan diketahui dengan beban yang aplikasikan, bagian mana saja yang dapat dilakukan optimasi pada rangka, maupun profil.
2. Penyelesaian tujuan kedua dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.
 - a. Melakukan tahap awal analisis *value engineering*, yaitu tahap informasi dengan memunculkan data RAB yang didapat dari kontraktor. Dalam tahap ini RAB digunakan untuk melakukan analisis Pareto, dimana nantinya akan menghasilkan pemecahan item pekerjaan dengan biaya nya masing masing. Hasil pada tahap ini berupa item pekerjaan mana yang memiliki nilai paling tinggi yang memungkinkan untuk dilakukan VE.
 - b. Tahapan kedua yaitu melakukan analisis fungsi, fungsi dari item pekerjaan yang didapatkan pada poin a akan di *breakdown* menggunakan alat berupa Diagram FAST, sehingga nantinya akan didapatkan hasil fungsi mana yang akan dipertahankan dan tidak bisa diubah atau dihilangkan.
 - c. Kemudian dilanjutkan tahapan ketiga dari tahap VE yaitu kreatif. Pada tahapan ini dilakukan wawancara pada ahli baja untuk mendapatkan alternatif-alternatif yang mungkin dapat diimplementasikan pada item pekerjaan yang akan dianalisis.
 - d. Dari tahapan tahapan di atas, sudah bisa terjawab pada poin c, dimana alternatif-alternatif apa saja yang dapat dilakukan dalam optimalisasi biaya digunakan *software* NVivo12 untuk mengolah data hasil wawancara.
3. Penyelesaian tujuan ketiga dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.
 - a. Tahapan untuk menyelesaikan tujuan ketiga dimulai dari Tahap Evaluasi, dimana dari alternatif-alternatif yang didapatkan tersebut akan dilakukan penyebaran kuisisioner.

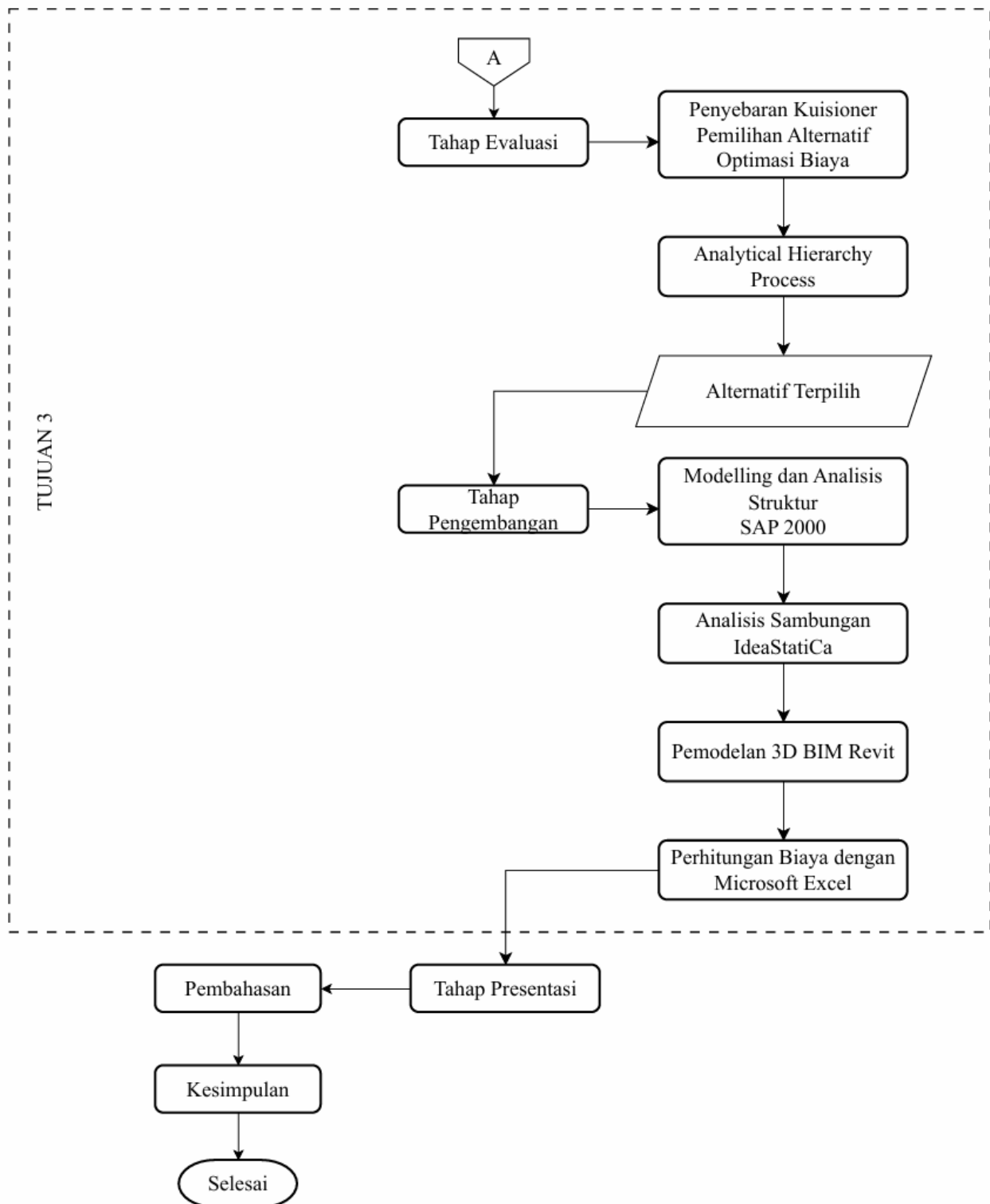
- b. Hasil kuisioner akan diolah menggunakan Analisis keuntungan kerugian dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang nantinya diharapkan akan mendapatkan satu alternatif yang optimal untuk dijadikan pembanding pada analisis VE
- c. Kemudian dilanjutkan pada tahap pengembangan, pada tahap ini integrasi BIM mulai dimunculkan, dimana nantinya akan dilakukan *modelling* 3D menggunakan Revit, serta dilakukan pengembangan lainnya yaitu sebagai berikut.
 - 1) *Check clash detection* dengan Revit
 - 2) Melakukan Perhitungan Struktur dengan SAP 2000 v26 dan IdeaStatiCa 21.1
 - 3) Melakukan Perhitungan RAB dengan excel
- d. Tahap terakhir adalah tahap presentasi dimana pada tahap ini akan dilakukan pemaparan hasil analisis, sehingga akan didapatkan perbandingan biaya antara eksisting dan alternatif terpilih
- e. Hasil yang didapat pada tujuan kedua yaitu berupa signifikasni biaya pekerjaan struktur atas setelah dilakukan optimasi biaya dengan *value engineering*.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir pada penelitian ini dapat dilihatpada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada bab sebelumnya telah dibahas metodologi penelitian. Bab ini akan menjelaskan tahapan optimasi biaya struktur atas bangunan konstruksi baja dengan pendekatan BIM dan *value engineering*. Penelitian ini menggunakan studi kasus Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pemilihan alternatif desain berdasarkan model BIM.

5.2 Kondisi dan Karakteristik Proyek

Proyek yang dikaji dalam penelitian ini merupakan pembangunan gudang penyimpanan dengan struktur utama rangka baja, yang berlokasi di kawasan Kawasan Industri MM2100. Proyek ini dirancang untuk menunjang kebutuhan logistik dan penyimpanan barang-barang produksi dalam skala besar. Secara umum, bangunan memiliki bentang lebar tanpa kolom tengah (*clear span*) untuk mengoptimalkan fungsi ruang dan kelancaran aktivitas distribusi di dalam gudang.

Dari segi lingkungan, proyek berada di kawasan perkotaan dengan akses jalan yang memadai untuk mobilisasi alat berat dan material konstruksi. Struktur utama bangunan menggunakan sistem portal baja (*steel frame*) dengan sambungan baut dan las, serta atap penutup berupa baja ringan dan penutup atap Zincalume Kliplock.

Seluruh informasi terkait proyek ini menjadi dasar dalam proses analisis dan penerapan metode *value Engineering*, terutama dalam mengevaluasi alternatif desain yang dapat meningkatkan nilai fungsional proyek tanpa menambah biaya secara signifikan. Selain itu akan dilakukan analisis desain eksisting menggunakan SAP 2000 dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Data konfigurasi bangunan:

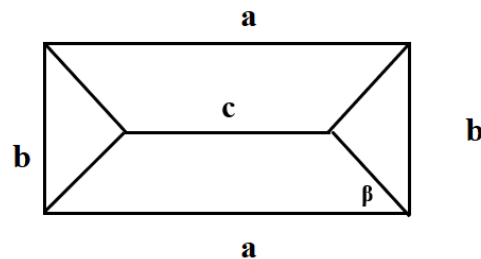
Jenis bangunan : Bangunan Baja

Sistem struktur	: Sitem Tunggal
Fungsi Bangunan	: Gudang / Penyimpanan
Lokasi	: Bekasi, Jawa Barat
Tinggi	: 21,415 m
Mutu baja	: A36 dengan memiliki kekuatan luluh minimum 36.000 psi (250 MPa) dan kekuatan tarik ultimit antara 58-80 ksi (400-550 MPa)

2. Pembebanan Struktur

a. Beban Mati

- 1) Beban mati akibat berat sendiri struktur (*selfweight*) dengan dibantu oleh SAP2000 v26
- 2) Beban mati tambahan penutup atap yaitu menggunakan *Bluescope Lysaght Klip-lok Optima* dengan berat 4,52 kg/m² atau 0,0443 kN/m². Perhitungan Beban mati atap dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Gambar Tributary Area Pembebanan Mati Tambahan Penutup Atap

Panjang rafter	= 24,56	m
Panjang gording (a)	= 6,5	m
β	= 45	derajat
b	= $\frac{\text{Panjang Rafter}}{\text{Jumlah Gording}}$	
	= $\frac{24,56}{22}$	
	= 1,116	m
Tinggi Segitiga	= $\tan \beta \times \frac{b}{2}$	

$$\begin{aligned}
&= \tan 45^\circ \times \frac{1,116}{2} \\
&= 0,558 \quad \text{m} \\
\text{Luas segitiga} &= \frac{1}{2} \times b \times \text{tinggi segitiga} \\
&= \frac{1}{2} \times 1,116 \times 0,558 \\
&= 0,312 \quad \text{m}^2 \\
c &= \text{Jarak antar portal} - (2 \times \text{Tinggi segitiga}) \\
&= 6,5 - (2 \times 0,558) \\
&= 5,384 \quad \text{m} \\
\text{Tinggi trapesium} &= \frac{b}{2} \\
&= \frac{1,116}{2} \\
&= 0,558 \quad \text{m} \\
\text{Luas trapesium} &= \frac{1}{2} \times (a+c) \times \text{tinggi trapesium} \\
&= \frac{1}{2} \times (6,5+5,384) \times 0,558 \\
&= 3,317 \quad \text{m}^2 \\
\text{AdL gording} &= \frac{\text{Wpenutup atap} \times \text{Luas trapesium} \times 2}{\text{Panjang Gording}} \\
&= \frac{0,0443 \times 3,317 \times 2}{6,5} \\
&= 0,045 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$

b. Beban Hidup

Beban hidup atap: Menurut PPURG (1987), beban hidup pada atap minimum sebesar 100 kg/m^2 atau $0,981 \text{ kN/m}^2$. Beban ini diberikan pada portal dan gording atap. Perhitungan beban hidup atap dapat dilihat sebagai berikut.

Perhitungan sama dengan beban mati atap sehingga didapatkan :

$$\text{Luas trapesium} = 3,317 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang gording} = 6,5 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned}
\text{Lr gording} &= \frac{\text{Whidup atap} \times \text{Luas trapesium} \times 2}{\text{Panjang Gording}} \\
&= \frac{0,981 \times 3,317 \times 2}{6,5} \\
&= 1,0015 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$

c. Beban Hujan

Menurut PPURG (1987), beban terbagi rata per m^2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar $(40-0,8\alpha) \text{ kg/m}^2$ dimana α adalah sudut

kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m^2 dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya adalah lebih besar dari 50 derajat.

$$\begin{aligned} R &= (40 - 0,8\alpha) \\ &= (40 - 0,8 \times 4,004) \\ &= 36,7966 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga diambil beban 20 kg/m^2 atau $0,1962 \text{ kN/m}^2$

Perhitungan selanjutnya sama dengan beban mati dan hidup atap sehingga didapatkan:

$$\text{Luas trapesium} = 3,317 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang gording} = 6,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{gording}} &= \frac{R \times \text{Luas trapesium} \times 2}{\text{Panjang Gording}} \\ &= \frac{0,1962 \times 3,317 \times 2}{6,5} \\ &= 0,2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

d. Beban Angin

Perhitungan beban angin pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$L = 65 \text{ m}$$

$$B = 49 \text{ m}$$

$$\text{Sudut } (\alpha) = 4,004^\circ$$

$$H_t = 21,415 \text{ m}$$

$$H = 19,7 \text{ m}$$

$$H_e = 20,575 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan angin} = 25 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} H_e/L &= 20,575/65 \\ &= 0,317 \end{aligned}$$

Perhitungan CP *Windward* dan CP *Leeward* disesuaikan dengan tabel pada Gambar 5.2 di bawah ini dan dihitung menggunakan interpolasi.

Koefisien tekanan atap, C_p , untuk digunakan dengan q_n													
Arah Angin	h/L	Di sisi angin datang								Di sisi angin pergi			
		Sudut, θ (derajat)								Sudut, θ (derajat)			
		10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$	10	15	≥ 20	
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,2	0,0 ^a	0,4	0,4	0,01 ^b	-0,3	-0,5	-0,6
	0,5	-0,9	-0,7	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	0,0 ^a	0,4	0,01 ^b	-0,5	-0,5	-0,6
	$\geq 1,0$	-1,3 ^b	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	0,0 ^a	0,4	0,01 ^b	-0,7	-0,6	-0,6
Arah Angin	h/L	Jarak horizontal dari tepi sisi angin datang					C_p						

Gambar 5.2 Koefisien Tekanan Atap

1) C_p *Windward*

He/L	0	10
0,25	-0,7	-0,7
	-0,18	-0,18
0,317	$= -0,7 + (0,317-0,25) / (0,5-0,25) \times (-0,9-(-0,7))$	$= -0,7 + (0,317-0,25) / (0,5-0,25) \times (-0,9-(-0,7))$
	-0,753	-0,753
	$= -0,18 + (0,317-0,25) / (0,5-0,25) \times (-0,18-(-0,18))$	$= -0,18 + (0,317-0,25) / (0,5-0,25) \times (-0,18-(-0,18))$
0,5	-0,180	-0,180
	-0,9	-0,9
	-0,18	-0,18

He/L	0	4,004	10
0,317	-0,753	$= -0,753 + (4,004-0) / (10-0) \times (-0,753 - (-0,753))$	-0,753
	-0,180	-0,753	
	-0,180	$= -0,180 + (4,004-0) / (10-0) \times (-0,180 - (-0,180))$	-0,180
		-0,180	

Sehingga didapatkan $C_{p1} = -0,753$ dan $C_{p2} = -0,180$

2) CP Leeward

He/L	0	10
0,25	-0,3	-0,3
0,317	$= -0,3 + (0,317-0,25) / (0,5-0,25) \times (-0,5-(-0,3))$	$= -0,3 + (0,317-0,25) / (0,5-0,25) \times (-0,5-(-0,3))$
	-0,353	-0,353
0,5	-0,5	-0,5

He/L	0	4,004	10
0,317	-0,353	$= -0,353 + (4,004-0) / (10-0) \times (-0,353 - (-0,353))$	-0,353
		-0,353	

Sehingga didapatkan $C_{pb} = -0,535$

Kemudian dilakukan perhitungan untuk beban pada Gording

$$C_p \text{ Windward} = -0,180$$

$$G.C_p \text{ Windward} = 0,85 \times -0,180 \\ = -0,153$$

$$C_p \text{ Leeward} = -0,353$$

$$G.C_p \text{ Leeward} = 0,85 \times -0,353 \\ = -0,300$$

Klasifikasi ketertutupan = Bangunan Gedung Tertutup

Dari klasifikasi tersebut maka dapat disesuaikan dengan tabel pada Gambar 5.3 berikut.

Tabel 26.13-1 - Sistem penahan gaya angin utama dan komponen dan klading (semua ketinggian): koefisien tekanan internal, (C_{pi}), untuk bangunan tertutup, tertutup sebagian, terbuka sebagian, dan bangunan terbuka (dinding dan atap)

Klasifikasi ketertutupan	Kriteria untuk klasifikasi ketertutupan	Tekanan internal	Koefisien tekanan internal, (C_{pi})
Bangunan tertutup	A_o kurang dari terkecil $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_o/A_{gj} \leq 0,2$	Sedang	-0,18 -0,18
Bangunan tertutup sebagian	$A_o > 1,1A_o$ dan $A_o >$ terkecil dari $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_o/A_{gj} \leq 0,2$	Tinggi	-0,55 -0,55
Bangunan terbuka sebagian	Bangunan yang tidak sesuai dengan Klasifikasi tertutup, tertutup sebagian, atau klasifikasi terbuka	Sedang	-0,18 -0,18
Bangunan terbuka	Setiap dinding minimal terbuka 80 %	Diabaikan	0,00

Gambar 5.3 Sistem Penahan Gaya Angin Utama dan Komponen dan Klading

Dari Gambar 5.3 di atas didapatkan G.Cpi Hisap sebesar 0,18 dan

G.Cpi Tekan sebesar -0,18

Z = 21,415 m

Eksposur = B

Koef Eksposur didapatkan dari interpolasi sesuai tabel pada Gambar 5.4 berikut.

Tabel 26.10-1 - Koefisien eksposur tekanan kecepatan, K_z , dan K_z

Ketinggian di atas permukaan tanah		Eksposur		
ft	m	B	C	D
0 – 15	0 – 4,6	0,57 (0,70) ^a	0,85	1,03
20	6,1	0,62 (0,70) ^a	0,90	1,08
25	7,6	0,66 (0,70) ^a	0,94	1,12
30	9,1	0,70	0,98	1,16
40	12,2	0,76	1,04	1,12
50	15,2	0,81	1,09	1,27
60	18,0	0,85	1,13	1,31
70	21,3	0,89	1,17	1,34
80	24,4	0,93	1,21	1,38
90	27,4	0,96	1,24	1,40
100	30,5	0,99	1,26	1,43
120	36,6	1,04	1,31	1,48
140	42,7	1,09	1,36	1,52
160	48,8	1,13	1,39	1,55
180	54,9	1,17	1,43	1,58
200	61,0	1,20	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,53	1,68
300	91,4	1,35	1,59	1,73
350	106,7	1,41	1,64	1,78
400	121,9	1,47	1,69	1,82
450	137,2	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,77	1,89

^aGunakan 0,70 pada Pasal 28, Eksposur B, apabila $z < 30$ ft (9,1 m).

Gambar 5.4 Koefisien Eksposur Tekanan Kecepatan

Pada Gambar 5.4 di atas nilai z berada diantara 21,3 m dan 24,4 m sehingga dilakukan perhitungan interpolasi sebagai berikut.

z	B
21,3	0,89
21,415	$= 0,89 + (21,415-21,3) / (24,4-21,3) \times (0,93-0,89)$
	0,891
24,4	0,93

Sehingga koef exposure didapatkan sebesar 0,891

Faktor topografi (K_{zt}) = 1

Tipe struktur = Bangunan Gedung

Kemudian faktor arah angin, didapatkan dari tabel pada Gambar 5.5 berikut.

Tabel 26.6-1 - Faktor arah angin, K_d

Tipe struktur	Faktor arah angin K_d
Bangunan gedung	
Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU)	0,85
Komponen dan Klading (K&K)	0,85
Atap lengkung	0,85
Kubah berbentuk bundar	1,0 ^a
Cerobong, tangki, dan struktur serupa	0,90
Persegi	0,95
Segi enam	1,0 ^a
Segi delapan	1,0 ^a
Bundar	
Dinding solid yang berdiri bebas, peralatan bagian atap, dan panel petunjuk solid yang berdiri bebas serta panel petunjuk terikat	0,85
Panel petunjuk terbuka dan rangka terbuka bidang tunggal	0,85
Rangka batang menara	
Segitiga, persegi, atau persegi panjang	0,85
Semua penampang lainnya	0,95

^aFaktor arah angin $K_d = 0,95$ diizinkan untuk struktur bundar atau struktur segi delapan dengan sistem struktur non-asimetris.

Gambar 5.5 Faktor Arah Angin

Sehingga K_d didapatkan sebesar 0,85 dengan kecepatan angin dipakai 25 m/s

$$\begin{aligned}
 q_z &= 0,613 \times \text{koefisien eksposure} \times K_{zt} \times K_d \times (v^2) \\
 &= 0,613 \times 0,891 \times 1 \times 0,85 (25^2) \\
 &= 290,317 \text{ N/m}^2 \\
 &= 0,290 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tekanan Velositas Angin

$$\begin{aligned}
 P (\text{Windward})_1 &= \frac{(q_z \times G.C_{p\text{windward}}) - (q_z \times G.C_{pihisap})}{1000} \\
 &= \frac{(0,290 \times -0,153) - (290,317 \times 0,18)}{1000} \\
 &= -0,097 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P (\text{Windward})_2 &= \frac{(q_z \times G.C_{p\text{windward}}) - (q_z \times G.C_{pihisap})}{1000} \\
 &= \frac{(0,290 \times -0,153) - (290,317 \times -0,18)}{1000} \\
 &= 0,008 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai Max dari P_{windward} adalah 0,097 kN/m²

$$\begin{aligned}
 P (\text{Leeward})_1 &= \frac{(q_z \times G.C_{p\text{leeward}}) - (q_z \times G.C_{pihisap})}{1000} \\
 &= \frac{(0,290 \times -0,300) - (290,317 \times 0,18)}{1000}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -0,139 \text{ kN/m}^2 \\
 P (\text{Winward})_2 &= \frac{(qz \times G.Cp_{\text{windward}}) - (qz \times G.Cp_{\text{hisap}})}{1000} \\
 &= \frac{(0,290 \times -0,300) - (290,317 \times -0,18)}{1000} \\
 &= 0,035 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai Max dari P *leeward* adalah 0,139 kN/m²

Setelah perhitungan beban untuk gording didapatkan, maka selanjutnya mencari perhitungan beban untuk kolom

$$L = 65\text{m}$$

$$B = 49 \text{ m}$$

$$L/B = 1,327$$

Koefisien tekanan dinding, didapatkan dari tabel pada Gambar 5.6 berikut.

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
	0 - 1	-0,5	q_h
Dinding di sisi angin pergi	2	-0,3	q_h
	≥ 4	-0,2	q_h
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7	q_h

Gambar 5.6 Koefisien Tekanan Dinding

Dari Gambar 5.6 di atas didapatkan $C_p \text{ windward} = 0,8$ dan $C_p \text{ Sideward} = -0,7$. Sedangkan untuk $C_p \text{ leeward}$ didapatkan dari perhitungan interpolasi sebagai berikut.

L/B	C_p
1	-0,5
1,327	$-0,5 + (1,327-1) / (2-1) \times (-0,3-(-0,5))$ -0,435
2	-0,3

Berdasarkan interpolasi di atas didapatkan $C_p \text{ leeward}$ sebesar -0,435

$$\begin{aligned} q.GCp \textit{ Windward} &= qz \times 0,85 \times C_p \textit{ windward} \\ &= 290,317 \times 0,85 \times 0,8 \\ &= 197,416 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q.GCp \textit{ Leeward} &= qz \times 0,85 \times C_p \textit{ leeward} \\ &= 290,317 \times 0,85 \times -0,435 \\ &= -107,269 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q.GCp \textit{ Sideward} &= qz \times 0,85 \times C_p \textit{ sideward} \\ &= 290,317 \times 0,85 \times -0,7 \\ &= -172,739 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$G.Cpi \textit{ Hisap} = 0,18$$

$$G.Cpi \textit{ Tekan} = -0,18$$

$$\begin{aligned} P \textit{ Windward}_1 &= \frac{q.GCp \textit{ Windward} - (qz \times G.Cpi \textit{ Hisap})}{1000} \\ &= \frac{197,416 - (290,317 \times 0,18)}{1000} \\ &= 0,145 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \textit{ Windward}_2 &= \frac{q.GCp \textit{ Windward} - (qz \times G.Cpi \textit{ Hisap})}{1000} \\ &= \frac{197,416 - (290,317 \times -0,18)}{1000} \\ &= 0,250 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai Max dari P *windward* adalah 0,250 kN/m²

$$\begin{aligned} P \textit{ Leeward}_1 &= \frac{q.GCp \textit{ Leeward} - (qz \times G.Cpi \textit{ Hisap})}{1000} \\ &= \frac{-107,269 - (290,317 \times 0,18)}{1000} \\ &= -0,160 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \textit{ Leeward}_2 &= \frac{q.GCp \textit{ Leeward} - (qz \times G.Cpi \textit{ Hisap})}{1000} \\ &= \frac{-107,269 - (290,317 \times -0,18)}{1000} \\ &= -0,055 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai Max dari P *leeward* adalah -0,160 kN/m²

$$\begin{aligned} P \textit{ Sideward}_1 &= \frac{q.GCp \textit{ Sideward} - (qz \times G.Cpi \textit{ Hisap})}{1000} \\ &= \frac{-172,739 - (290,317 \times 0,18)}{1000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -0,225 \text{ kN/m}^2 \\
 P_{\text{Sideward}_2} &= \frac{q \cdot G C_p \text{ Sideeward} - (q_z \times G \cdot C_{pi} \text{ Hisap})}{1000} \\
 &= \frac{-172,739 - (290,317 \times -0,18)}{1000} \\
 &= -0,120 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai Max dari P_{sideward} adalah $-0,225 \text{ kN/m}^2$

e. Beban Gempa

Perencanaan beban gempa pada penelitian ini mengacu pada SNI 1726:2019 yaitu dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menentukan klasifikasi situs menggunakan Atlas Tapak Lokal (V_s30) Indonesia yang dipublikasi oleh Kementerian ESDM (2022). Berikut merupakan Peta V_s30 Provinsi Jawa Barat adalah sebagai berikut.



Gambar 5.7 Peta V_s30 Provinsi Jawa Barat
Sumber: Kementerian ESDM (2022)

Berdasarkan Gambar 5.7 di atas, dapat kita ketahui jika Kabupaten Bekasi (ditandai persegi hitam) di dominasi oleh klasifikasi situs D (tanah sedang). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan klasifikasi situs D (tanah sedang).

- 2) Menentukan kategori risiko didapatkan dengan melihat tabel pada Gambar 5.8 berikut.

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

Gambar 5.8 Kategori Risiko

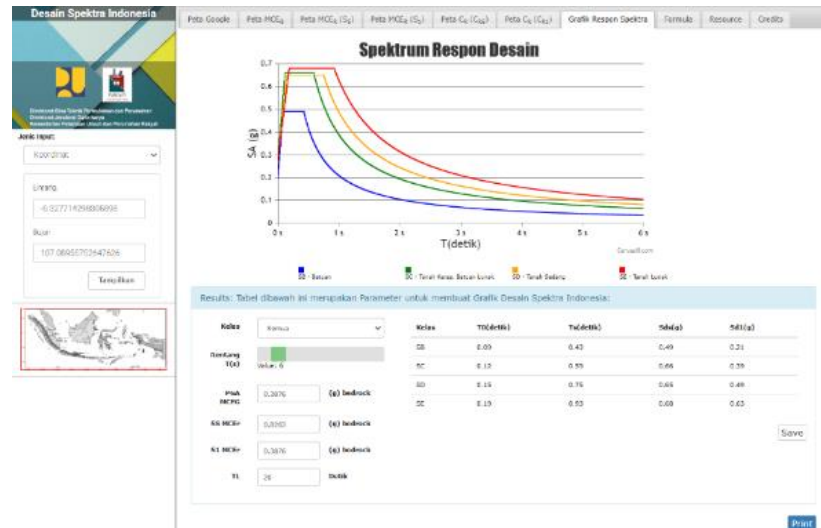
Pada Gambar 5.8 di atas, maka didapatkan kategori risiko untuk bangunan Gudang penyimpanan yaitu kategori I. Selanjutnya dari kategori risiko tersebut akan didapatkan nilai Faktor Keutamaan Gempa (I_e) berdasarkan Gambar 5.9 berikut.

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Gambar 5.9 Faktor Keutamaan Gempa

Pada Gambar 5.9 di atas maka dengan kategori risiko I, didapatkan Faktor Keutamaan Gempa (I_e) sebesar 1.

- 3) Menentukan nilai S_S dan S_1 sesuai dengan lokasi bangunan dan besar nilainya dari SNI 1726:2019 atau dapat mengakses dari desain spektra Indonesia yang dipublikasikan oleh KementrianPUPR (2024) sebagai berikut.



Gambar 5.10 Hasil Spektrum Respon Desain

Berdasarkan Gambar 5.10 di atas maka didapatkan nilai sebagai berikut.

PGA MCEG	: 0,3876
SS MCEr	: 0,8263
S1 MCEr	: 0,3876
TL	: 20
T0	: 0,15
TS	: 0,75
Sds	: 0,65
Sd1	: 0,49

- 4) Menentukan nilai F_a dan F_v dengan melihat nilai S_s . Perhitungan F_a dilakukan dengan interpolasi berdasarkan Gambar 5.11 berikut.

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Gambar 5.11 Koefisien Situs, F_a

Dengan nilai S_s sebesar 0,8263, maka didapatkan F_a sebagai berikut.

$$F_a = 1,2 + \frac{(0,8263-0,75)}{(1-0,75)} \times (1,1-1,2)$$

$$= 1,16948$$

Perhitungan F_v dilakukan dengan interpolasi berdasarkan Gambar 5.12 berikut.

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

Gambar 5.12 Koefisien Situs, F_v

Dengan nilai S_1 sebesar 0,3876, maka didapatkan F_v sebagai berikut.

$$F_v = 2 + \frac{(0,3876-0,3)}{(0,4-0,3)} \times (1,9-2)$$

$$= 1,9124$$

- 5) Menentukan nilai S_{MS} dan S_{M1} dengan rumus sesuai SNI 1726:2019 berikut.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$= 1,16948 \times 0,8263$$

$$= 0,96634 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

$$= 1,9124 \times 0,3876$$

$$= 0,74125 \text{ g}$$

- 6) Menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1} dengan rumus SNI 1726:2019 berikut.

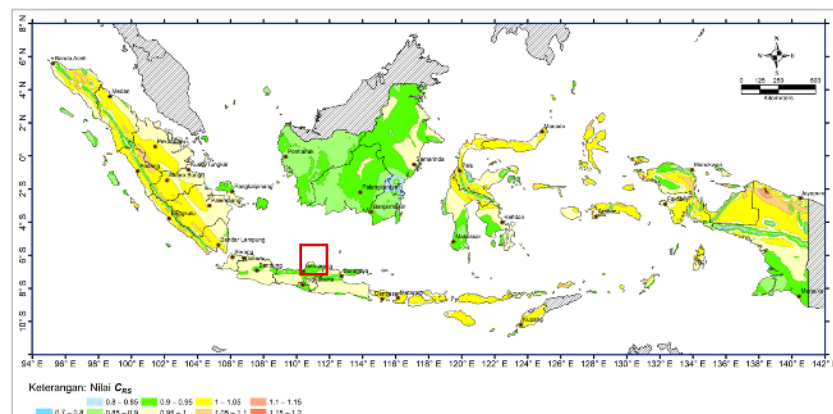
$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,96634 \\ &= 0,6442 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,74125 \\ &= 0,4942 \text{ g} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas dilakukan kontrol dengan nilai pada spektrum respon desain di atas.

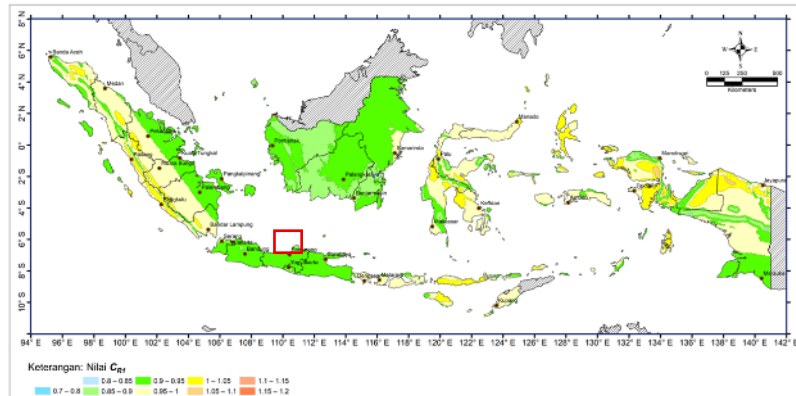
- 7) Menentukan nilai C_{RS} dan C_{R1} berdasarkan peta pada SNI 1726:2019

Nilai C_{RS} didapatkan sesuai Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Spektrum Respon 0,2 detik (C_{RS})

Berdasarkan Gambar 5.13 di atas, maka didapatkan nilai C_{RS} sebesar 1. Sedangkan nilai C_{R1} ditentukan sesuai Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Koefisien Risiko Terpetakan Periode Respons Spektral 1 detik (C_{R1})

Berdasarkan Gambar 5.14 di atas, maka didapatkan nilai C_{R1} sebesar 0,95.

- 8) Menentukan nilai S_{DSR} dan S_{DIR} dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{DSR} &= C_{RS} \times S_{DS} \\ &= 1 \times 0,6442 \\ &= 0,6442 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DIR} &= C_{R1} \times S_{D1} \\ &= 0,95 \times 0,4942 \\ &= 0,4695 \text{ g} \end{aligned}$$

- 9) Menentukan kategori desain seismik menggunakan nilai S_{DS} , S_{D1} dan kategori risiko pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16 berikut.

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Gambar 5.15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

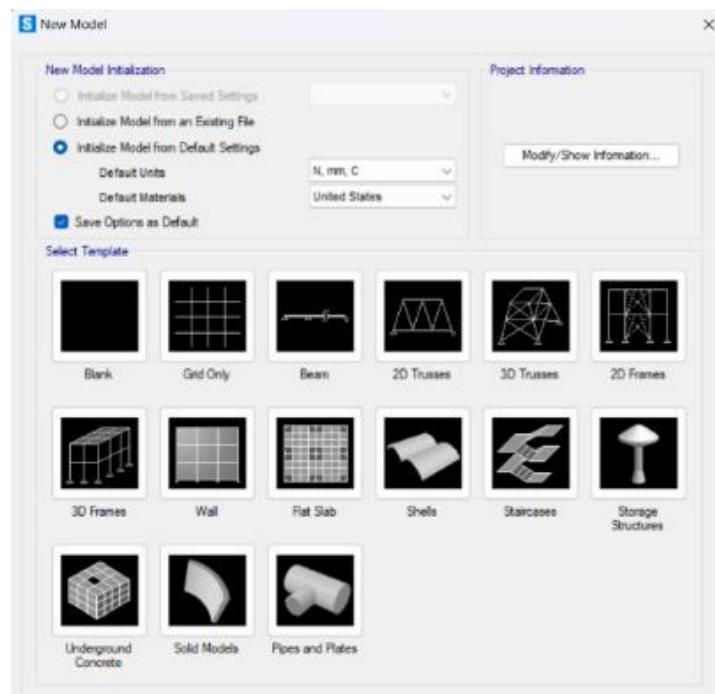
Nilai S_{DI}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Gambar 5.16 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

3. Pemodelan dan Analisis Struktur

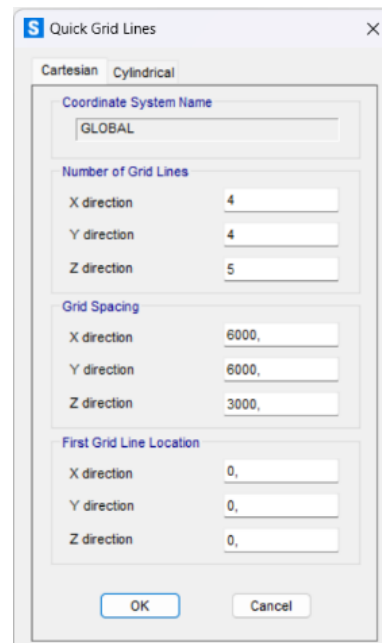
Melakukan pemodelan dan perhitungan pada SAP 2000 dengan Langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Buka SAP 2000 dan pilih *File >> New Model*
- b. Sesuaikan *default units* dan *default material*. lalu klik template *grid only* sesuai Gambar 5.17 berikut.



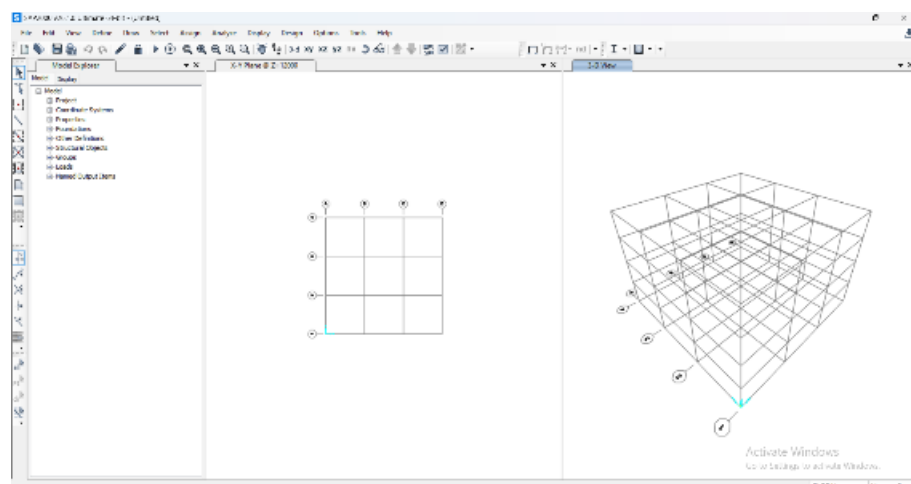
Gambar 5.17 Tampilan *New Model*

- c. Sesuaikan *Grid Lines*, lalu klik “OK” seperti Gambar 5.18 berikut.



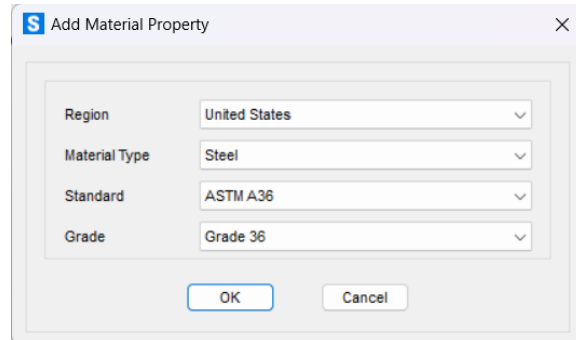
Gambar 5.18 Tampilan *Quick Grid Lines*

Setelah klik “OK” maka akan muncul tampilan seperti Gambar 5.19 berikut.



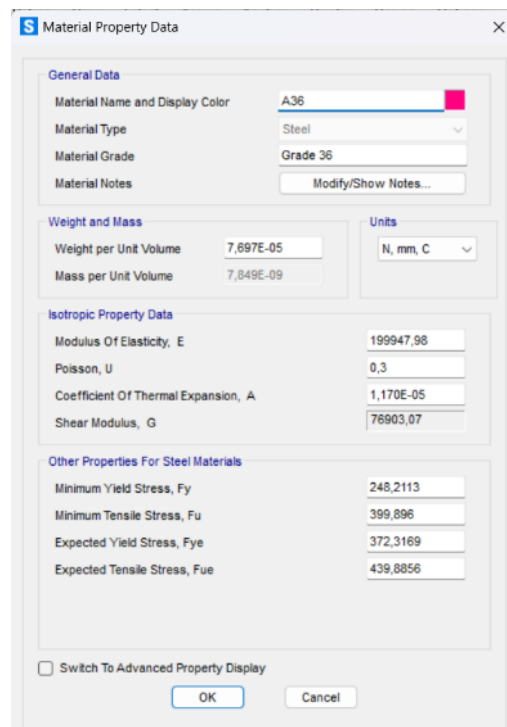
Gambar 5.19 Tampilan Grid Rencana

- d. Input material baja yang digunakan dengan memilih *Define >> Materials>>Add New Material*. Pada penelitian ini salah satu yang digunakan yaitu material baja dengan standar A36 seperti Gambar 5.20 berikut.



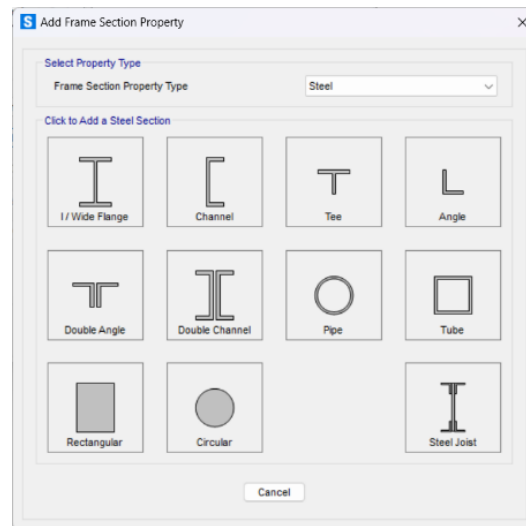
Gambar 5.20 Tampilan *Add Material Property*

Setelah itu klik “OK” dan lanjutkan dengan klik “*Modify/Show Material*” jika perlu lakukan penyesuaian material sesuai Gambar 5.21 berikut.



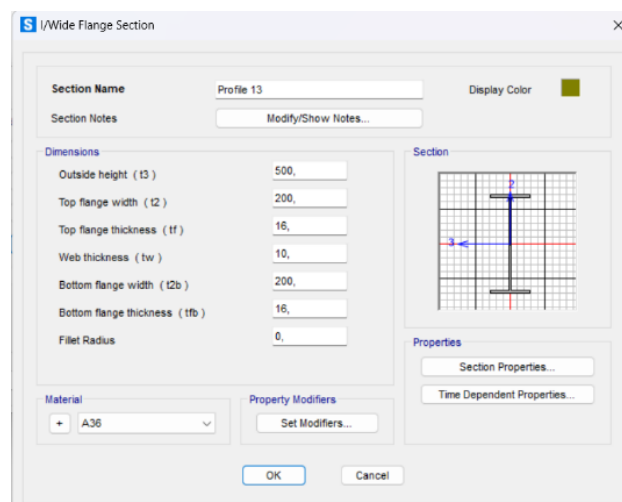
Gambar 5.21 Jendela *Modify Material*

- e. Melakukan input profil baja dengan klik *Define*>>*section properties*>>*frames section*>> *Add New Property* seperti Gambar 5.22 berikut.



Gambar 5.22 Jendela *Add Frame Section Property*

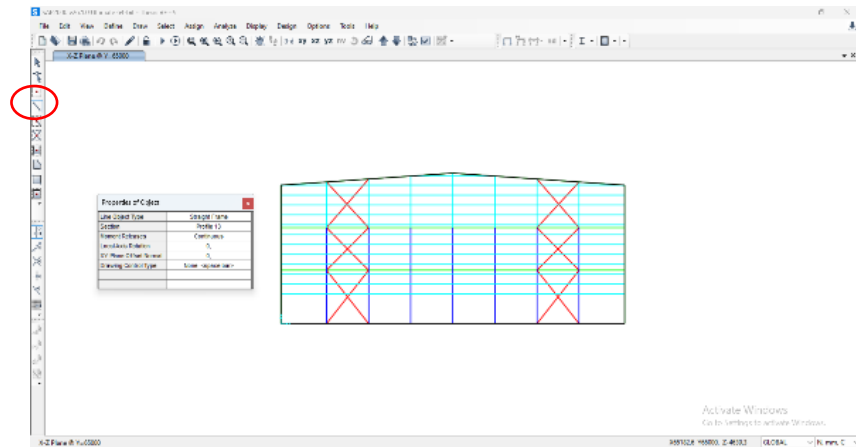
Pada tahap ini, sesuaikan tipe profil dan bentuknya. Pada penelitian ini dicontohkan penggunaan tipe “steel” dan klik “I/Wide Flange”. Berikut merupakan contoh penggunaan IWF pada *profile 13*, dan sesuaikan *dimensions* seperti Gambar 5.23 berikut.



Gambar 5.23 Jendela *Modify Frame Section*

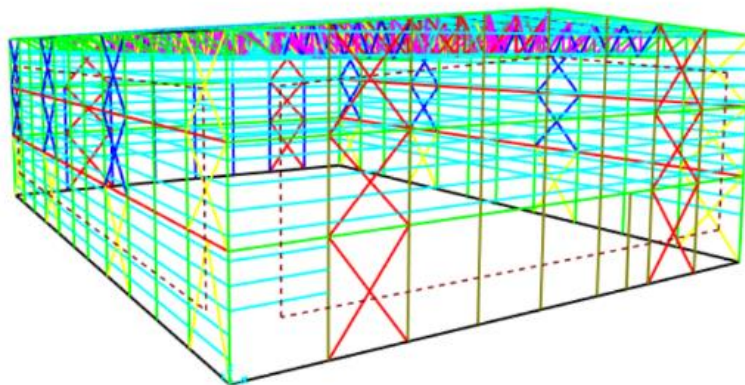
f. Pemodelan 3D

Lakukan pemodelan menggunakan *tools* yang dilingkari merah, dan sesuaikan profil yang akan digunakan pada “*properties of object*” pada Gambar 5.24 berikut.




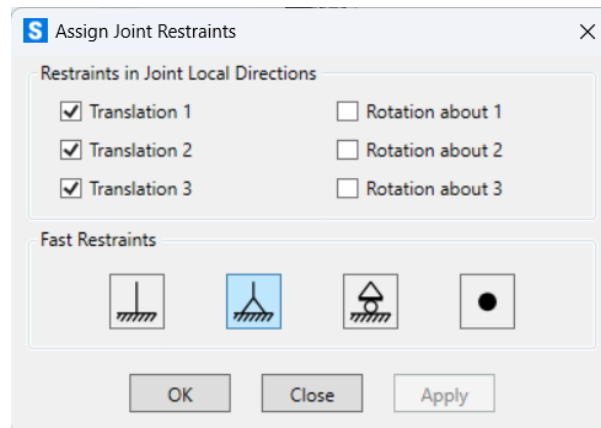
Gambar 5.24 Pembuatan Model 3D

Setelah pemodelan selesai akan didapatkan model 3D seperti Gambar 5.25 berikut.



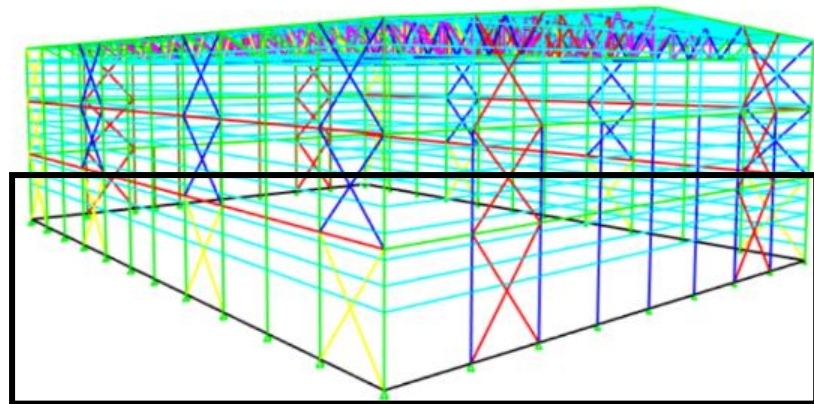
Gambar 5.25 Hasil Pemodelan 3D Pada SAP 2000

- g. Memberi tumpuan pada *frame* dengan cara klik *joint-joint* yang dimodelkan sebagai tumpuan, kemudian *Assign>>Joint>>Restraint>>*Pilih  seperti Gambar 5.26 berikut.



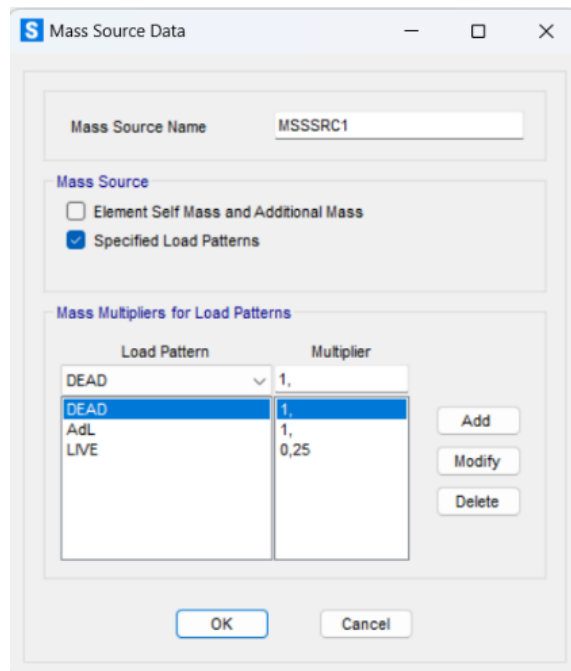
Gambar 5.26 *Jendela Assign Joint Restraint*

Lakukan *placing* tumpuan pada lokasi seperti Gambar 5.27 berikut.



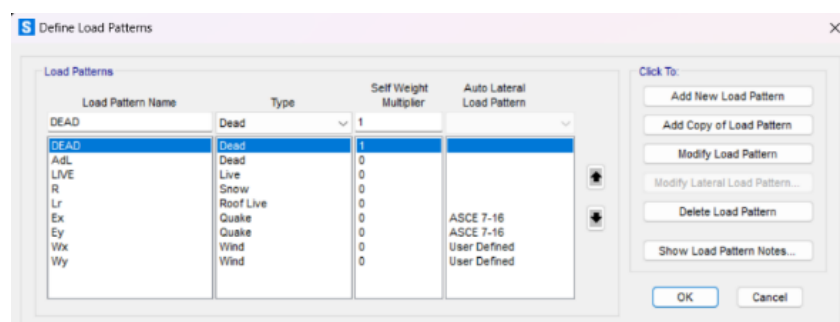
Gambar 5.27 *Joint Restraint* pada Pemodelan 3D

- h. Melakukan input “*Mass Source*” dengan klik *Define*>> *Mass Source*>> *Modify/Show Mass Source*. *Mass Source* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.28 berikut.



Gambar 5.28 Jendela *Mass Source Data*

- i. Menentukan jenis beban dengan *Define>Load Patterns* sesuaikan *Load Pattern Name>> Type>> Self Weight Multiplier>> Auto Lateral Load Pattern* kemudian klik “*Add New Load Pattern*”. Pada penelitian ini digunakan beban seperti Gambar 5.29 berikut.



Gambar 5.29 Jendela *Define Load Pattern*

Dengan :

DEAD = Beban mati

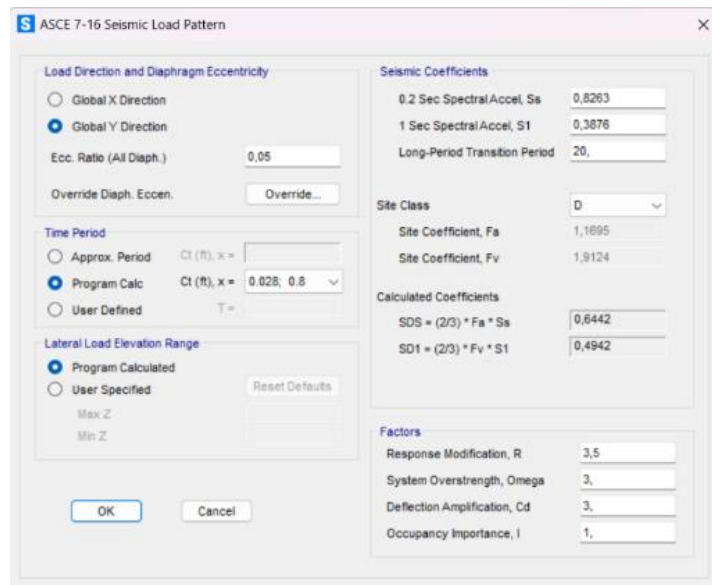
AdL = Beban mati tambahan

LIVE = Beban hidup

R	= Beban hujan
L _r	= Beban hidup atap
E _x	= Beban gempa arah x
E _y	= Beban gempa arah y
W _x	= Beban angin arah x
W _y	= Beban angina arah y

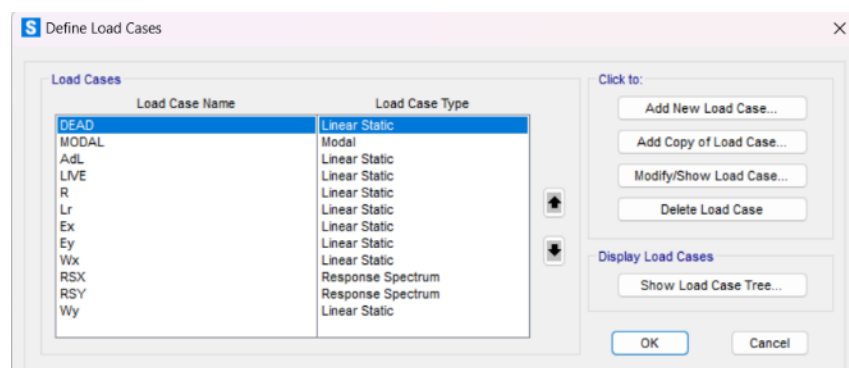
Pada penelitian ini ditambahkan beban gempa sesuai dengan ketentuan ASCE 7-16, sehingga perlu dilakukan pengaturan beban dengan klik “*Modify Lateral Load Pattern*” yaitu seperti Gambar 5.30 dan Gambar 5.31 berikut.

Gambar 5.30 *Jendela Seismic Load Pattern Arah X (Ex)*



Gambar 5.31 Jendela *Seismic Load Pattern* Arah Y (Ey)

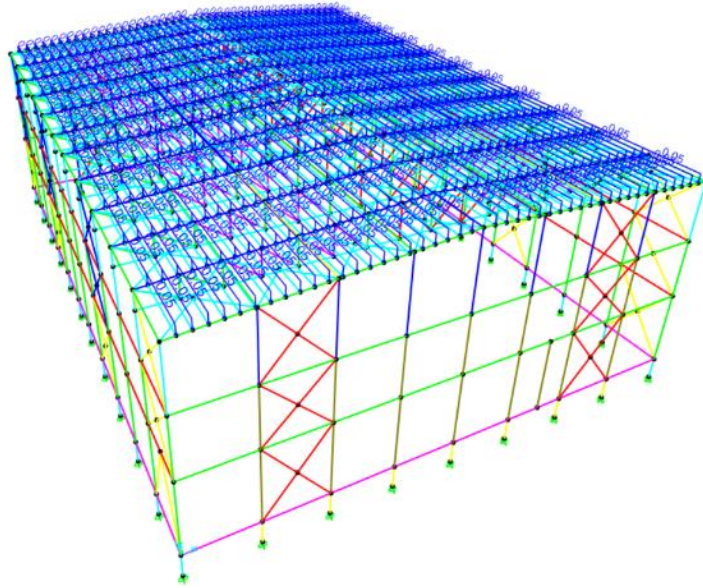
- j. Menentukan *load cases* dengan *Define*>> *Load Cases*>>*Add New Load Case*. Penentuan *load cases* dilakukan berdasarkan jenis analisis yang digunakan dan mengacu pada *load pattern* yang telah ditentukan sebelumnya. *Load cases* yang digunakan pada penelitian ini seperti Gambar 5.23 berikut.



Gambar 5.32 Jendela *Define Load Case*

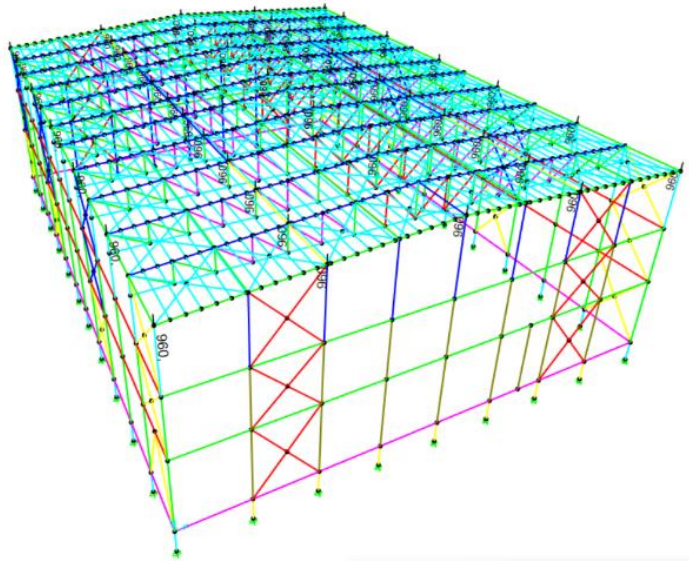
- k. *Input* Pembebanan, beban yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya kemudian diterapkan pada struktur sesuai dengan tujuannya. Berikut merupakan penambahan pembebanan pada model struktur Gudang Supernova Flexible Packaging.

- 1) Beban mati tambahan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.33 sebagai berikut.



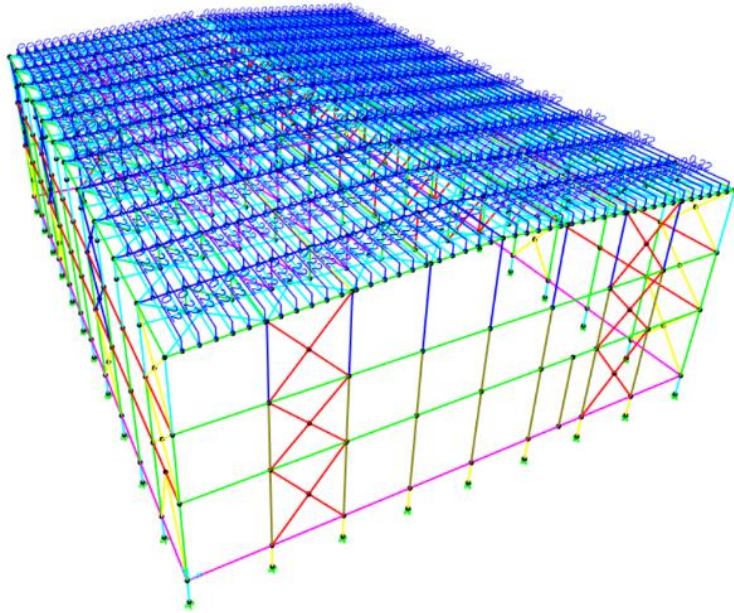
Gambar 5.33 Beban Mati Tambahan

- 2) Beban hidup pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.34 sebagai berikut.



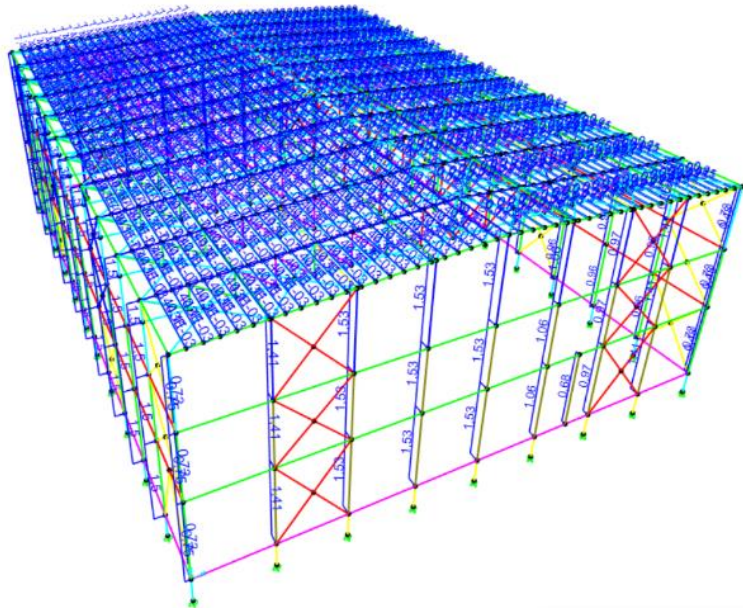
Gambar 5.34 Beban Hidup

- 3) Beban hujan yang ditambahkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.35 sebagai berikut.

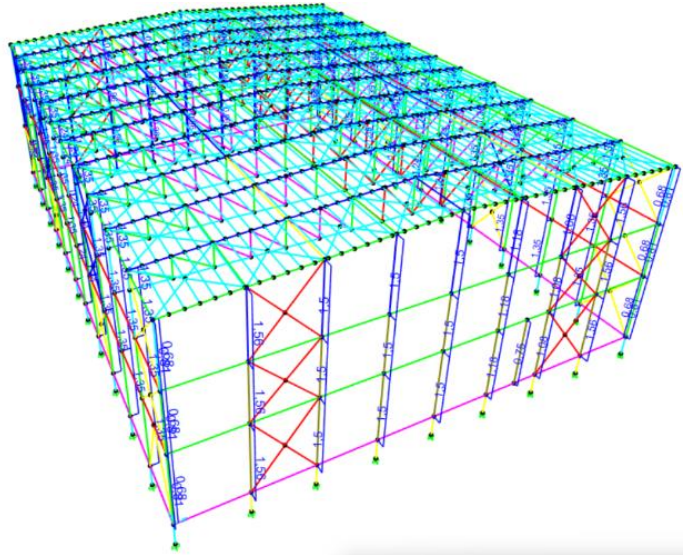


Gambar 5.35 Beban Hujan

- 4) Beban angin yang ditambahkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.36 dan Gambar 5.37 sebagai berikut.



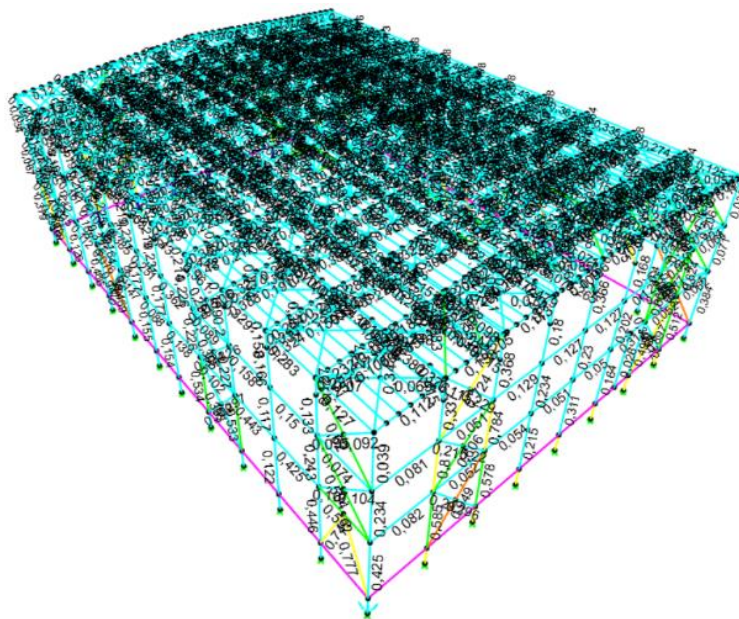
Gambar 5.36 Beban Angin Arah X



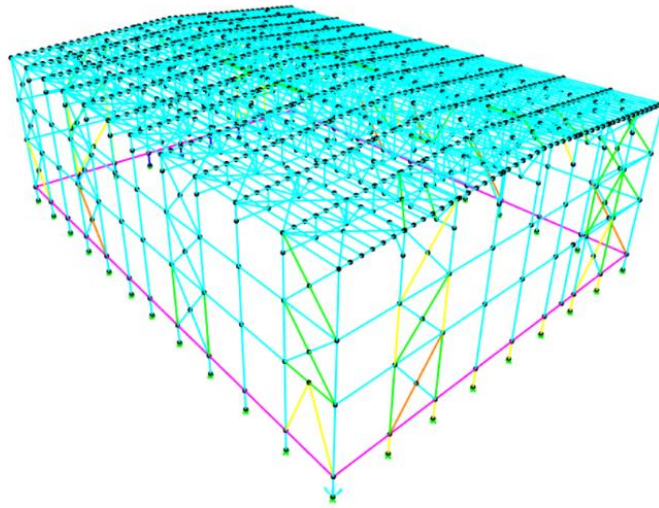
Gambar 5.37 Beban Angin Arah Y

4. Pemeriksaan Desain Baja

Desain Baja dilakukan secara otomatis menggunakan *software* SAP 2000 v26. Berikut dapat dilihat pada Gambar 5.38 bahwa hasil analisis menunjukkan rasio pada profil baja < 1 . Maka dapat dikatakan bahwa struktur sudah aman.



Gambar 5.38 Pengecekan *Stress Ratio* pada Model

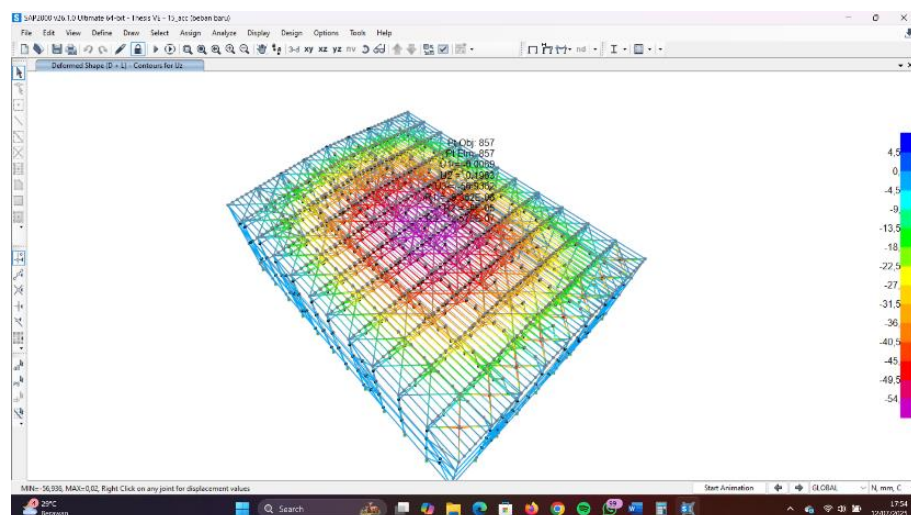


Gambar 5.39 Pengecekan pada *Identify All Failures*

Dan pada Gambar 5.39 di atas juga tidak ada tanda kegagalan yang ditunjukkan dengan kata “*flexure*” pada batang profil.

5. Pemeriksaan Struktur

Pemeriksaan struktur dilakukan dengan meninjau lendutan yang terjadi dan memastikan lendutan yang terjadi dibawah lendutan yang diizinkan oleh SNI 1729:2020. Lendutan yang terjadi pada struktur dapat dilihat pada Gambar 5.40 sebagai berikut.



Gambar 5.40 Lendutan Pada Struktur

Berdasarkan Gambar 5.40 di atas didapatkan lendutan maksimum yang terjadi pada struktur adalah sebesar 56,936 mm. Sedangkan, Batasan lendutan yang diizinkan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{L}{300} \\ &= \frac{49000}{300} \\ &= 163\,333 \text{ mm (IJIN)}\end{aligned}$$

Oleh karena lendutan yang terjadi di bawah lendutan yang diizinkan oleh SNI 1729:2020, maka struktur aman.

5.3 Analisis *Value engineering*

Analisis *Value engineering* pada penelitian ini memiliki tahapan sebagai berikut.

5.3.1 Tahap Informasi

Tahap Informasi merupakan tahapan pertama dalam proses *value engineering*. Adapun tahap informasi dijabarkan sebagai berikut.

1. Data Umum Proyek

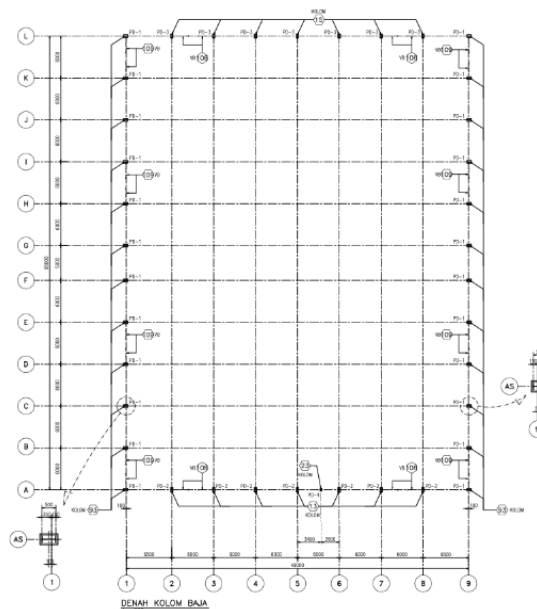
Proyek yang digunakan pada penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging dengan data umum proyek dapat dilihat sebagai berikut.

- | | | | |
|----|---------------------|---|---|
| a. | Nama Proyek | : | Pembangunan PT Supernova Flexible Packaging |
| b. | Pemilik Proyek | : | PT Supernova Flexible Packaging |
| c. | Konsultan Perencana | : | PT Indo Swisatama |
| d. | Kontraktor | : | PT Indonesia Xin Hai Steel Structure |
| e. | Konstruksi Atas | : | Baja Konvensional |
| f. | Konstruksi Bawah | : | <i>Spun Pile</i> |
| g. | Lokasi Proyek | : | Kawasan Industri MM2100 XV, Kec. Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat |

2. Data Teknis

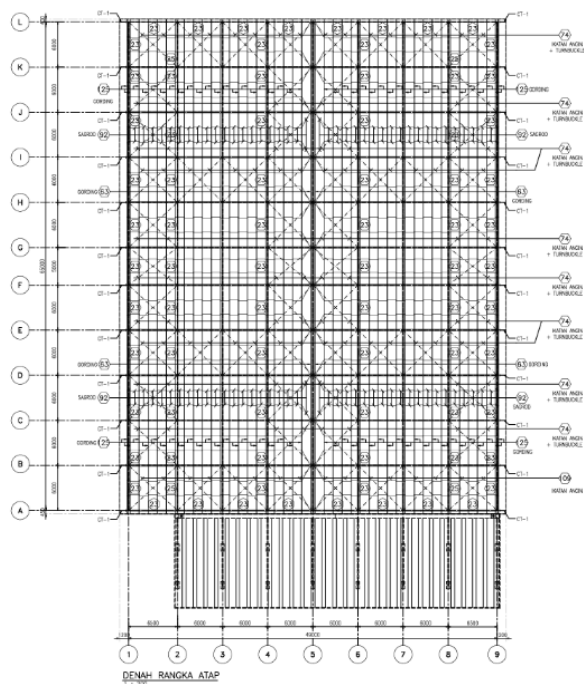
Data Teknis pada penelitian berupa Gambar *Detail Engineering Design* (DED)

a. Denah Kolom Baja



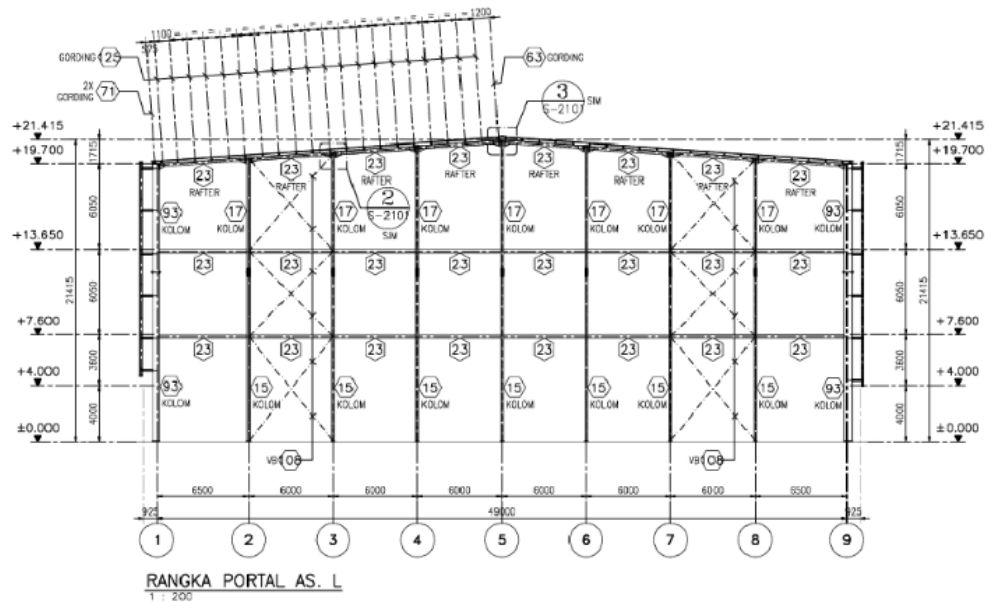
Gambar 5.41 Denah Kolom Baja

b. Denah Rangka Atap

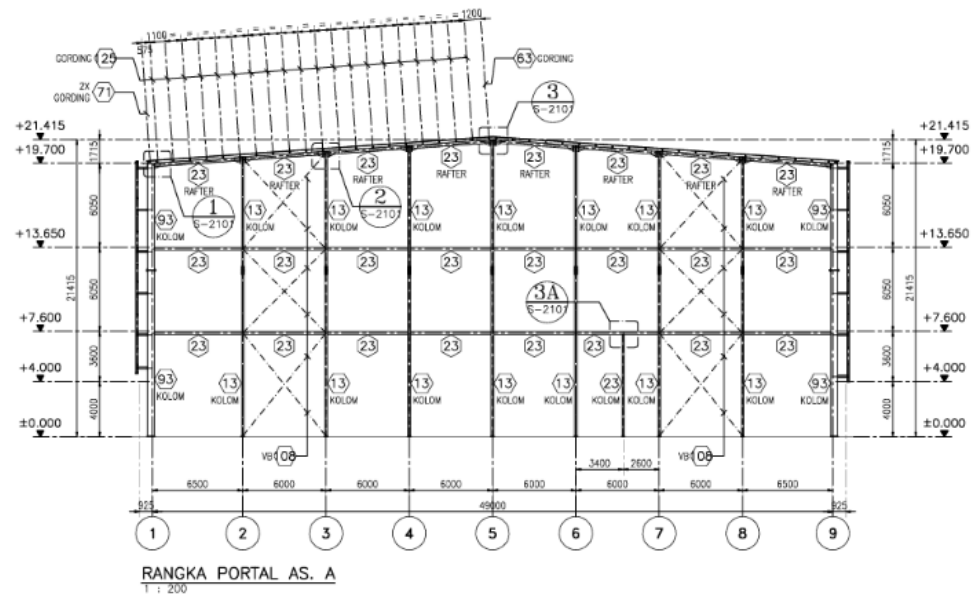


Gambar 5.42 Denah Rangka Atap

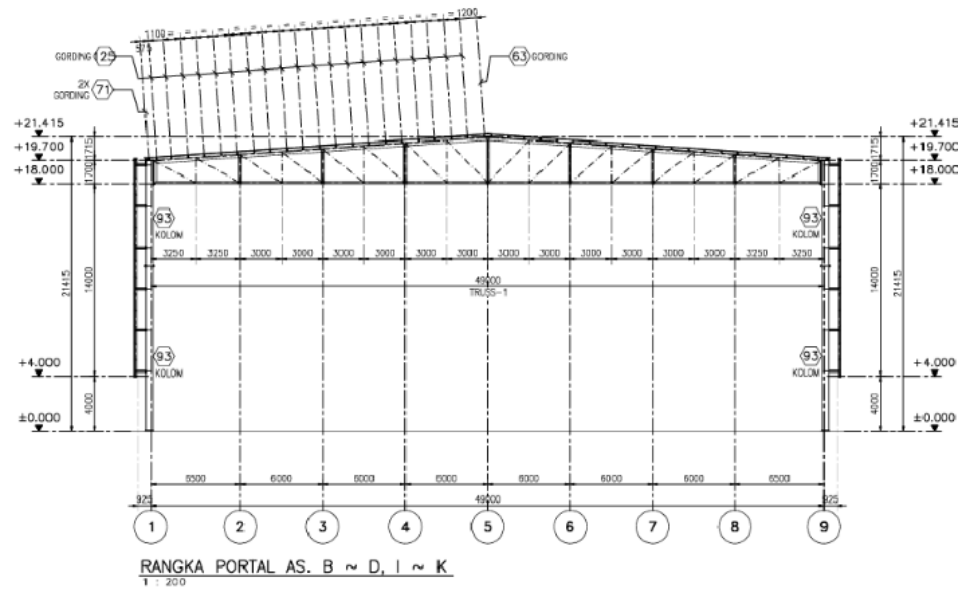
c. Denah Rangka Portal



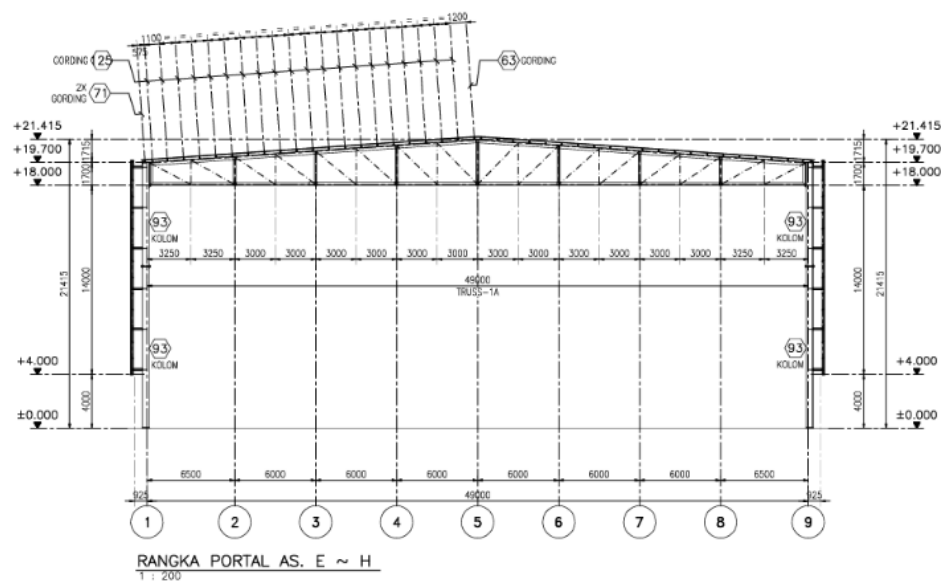
Gambar 5.43 Rangka Portal AS. L



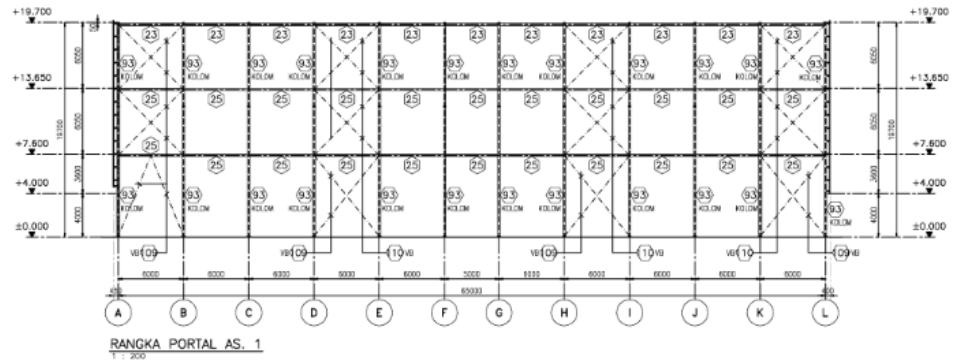
Gambar 5.44 Rangka Portal AS. A



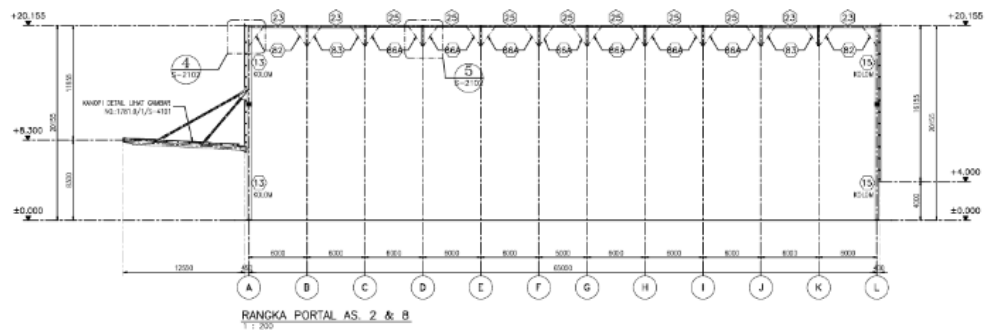
Gambar 5.45 Rangka Portal AS. B-D, I-K



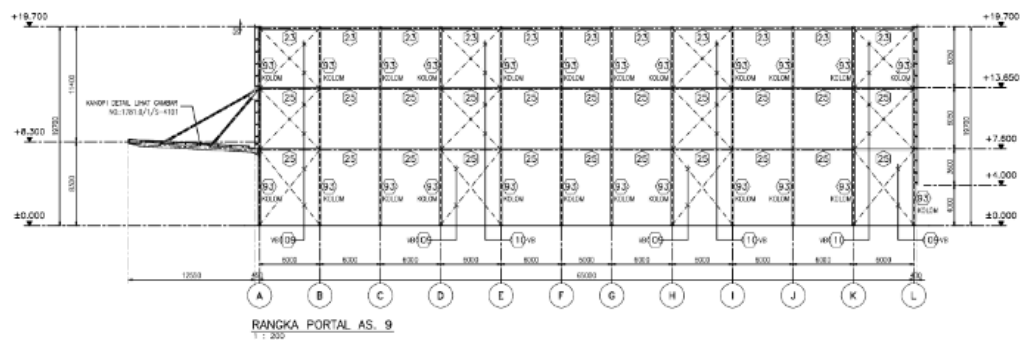
Gambar 5.46 Rangka Portal AS. E-H



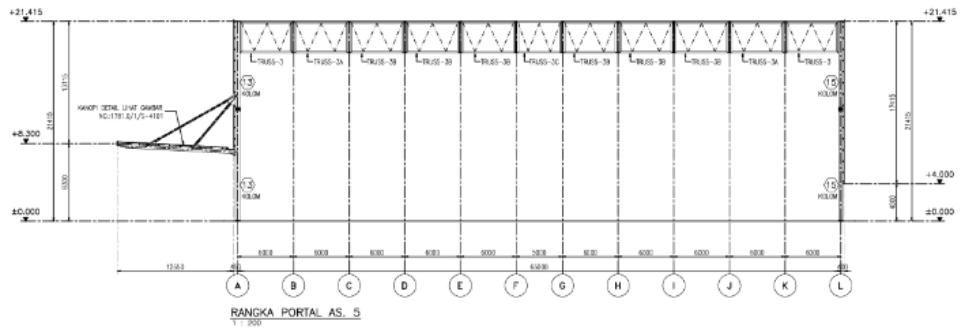
Gambar 5.47 Rangka Portal AS. 1



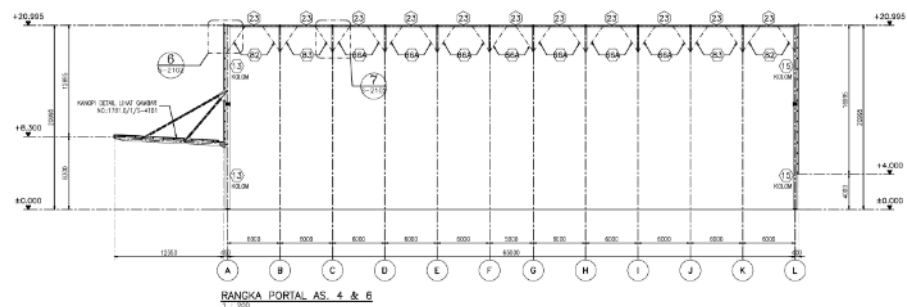
Gambar 5.48 Rangka Portal AS. 2 dan 8



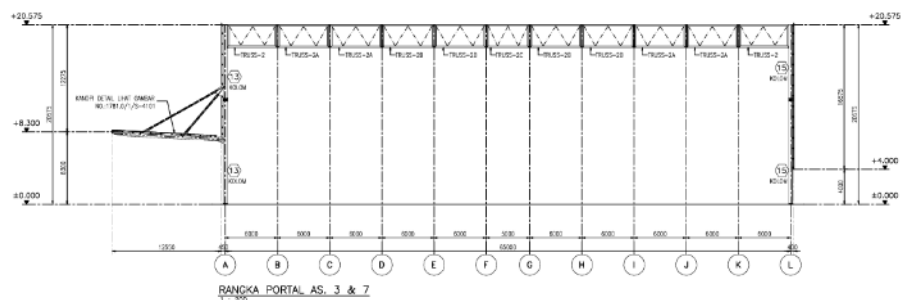
Gambar 5.49 Rangka Portal AS. 9



Gambar 5.50 Rangka Portal AS. 5



Gambar 5.51 Rangka Portal AS. 4 dan 6



Gambar 5.52 Rangka Portal AS. 3 dan 7

Gambar 5.52 di atas merupakan gambar denah dan potongan tampak pada Pembangunan Proyek Gudang Supernova Flexible Packaging.

3. Biaya Proyek

Informasi rekapitulasi biaya item pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Biaya Item Pekerjaan Bangunan Gudang

No	Deskripsi	Biaya
1	Pekerjaan Struktur Baja	Rp 7.129.725.591,85
2	Pekerjaan Struktur	Rp 6.153.352.011,03
3	Pekerjaan Arsitektur	Rp 3.638.151.958,24
Total		Rp 16.921.229.561,13

Setelah dilakukan rekapitulasi biaya pada item pekerjaan maka identifikasi untuk tiap item pekerjaan tersebut dapat dilakukan. Identifikasi ini bertujuan untuk memilih pekerjaan yang akan dilakukan *Value engineering*. Cara untuk mengidentifikasi tiap item pekerjaan adalah dengan melihat biaya tersebut dengan analisis Hukum Pareto.

Selain mengidentifikasi dengan melihat biaya tiap item pekerjaan, digunakan juga analisis Hukum Pareto untuk mengetahui biaya yang tertinggi. Terdapat tahapan dalam menganalisis Hukum Pareto sebagai berikut.

- a. Mengurutkan biaya pekerjaan dari yang terbesar hingga biaya terkecil
- b. Menghitung persentase biaya tiap pekerjaan dengan persamaan 5.1 berikut.

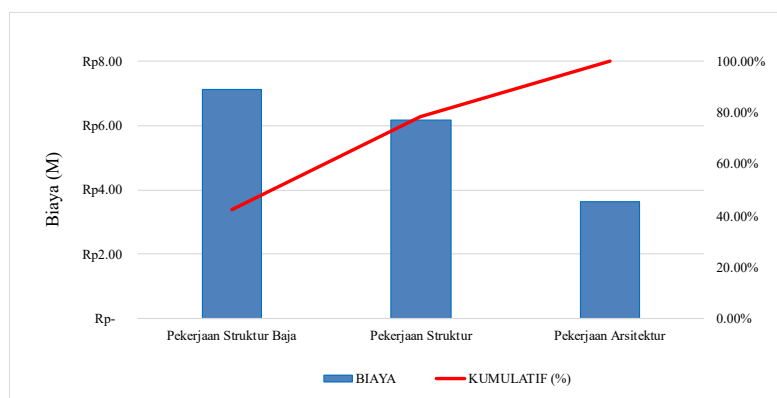
$$\% \text{ Biaya} = \frac{\text{Biaya pekerjaan}}{\text{Total biaya pekerjaan}} \quad (5.1)$$

- c. Menghitung persentase kumulatif tiap pekerjaan
- d. Membuat grafik dan diagram pareto dari hasil perhitungan persentase Rekapitulasi hasil dari analisis pareto yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.53 berikut.

Tabel 5.2 Analisis Biaya Pekerjaan Bangunan Gudang

No	Deskripsi	Biaya	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Pekerjaan Struktur Baja	Rp 7.129.725.591,85	42,13%	42,13%
2	Pekerjaan Struktur	Rp 6.153.352.011,03	36,36%	78,50%
3	Pekerjaan Arsitektur	Rp 3.638.151.958,24	21,50%	100,00%
Total		Rp 16.921.229.561,13		

Dari Tabel 5.2 di atas, maka dapat dilakukan analisis diagram pareto pada Gambar 5.53 berikut.



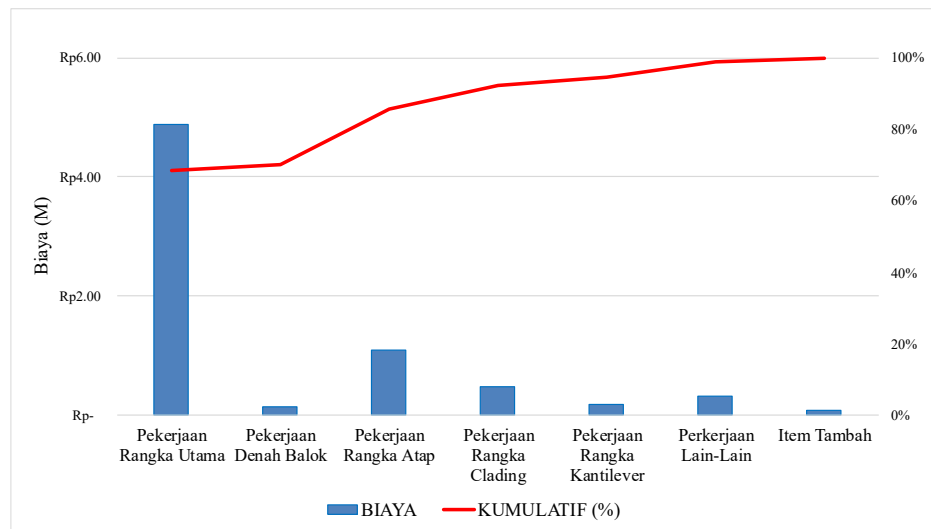
Gambar 5.53 Diagram Pareto Pekerjaan Bangunan Gudang

Berdasarkan hasil analisis di atas, dapat diketahui bahwa pekerjaan struktur baja merupakan pekerjaan dengan persentase tertinggi. Oleh karena itu, dilakukan analisis pareto lebih lanjut pada pekerjaan stuktur baja yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Analisis Biaya Pekerjaan Struktur Baja

No	Deskripsi	Biaya	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Pekerjaan Rangka Utama	Rp 4.878.124.394,05	68,42%	68,42%
2	Pekerjaan Denah Balok	Rp 130.000.000,00	1,82%	70,24%
3	Pekerjaan Rangka Atap	Rp 1.090.254.998,69	15,29%	85,53%
4	Pekerjaan Rangka Cladding	Rp 484.468.495,59	6,80%	92,33%
5	Pekerjaan Rangka Kantilever	Rp 168.917.223,26	2,37%	94,70%
6	Pekerjaan Lain - Lain	Rp 308.511.280,00	4,33%	99,03%
7	Item Tambah	Rp 69.449.200,26	0,97%	100,00%
Total		Rp 7.129.725.591,85		

Dari Tabel 5.3 di atas, maka dapat dilakukan analisis diagram pareto seperti Gambar 5.54 berikut.



Gambar 5.54 Diagram Pareto Pekerjaan Struktur Baja

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan di atas diketahui bahwa persentase tertinggi terdapat pada pekerjaan rangka utama. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini *value engineering* dilakukan pada pekerjaan rangka utama pada bangunan gudang.

5.3.2 Tahap Analisis Fungsi

Analisis fungsi merupakan langkah krusial untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan berbagai fungsi dalam pekerjaan rangka utama. Tujuan utamanya adalah mengelompokkan fungsi-fungsi yang ada, mulai dari fungsi primer hingga fungsi sekunder dan tersier. Dengan memahami peran dari setiap fungsi, proyek konstruksi dapat berjalan dengan lebih efektif dan efisien. Klasifikasi fungsi ini juga memungkinkan tim konstruksi untuk menentukan prioritas mana yang harus dipertahankan agar pekerjaan tetap sesuai standar dan hasil yang diharapkan dapat tercapai.

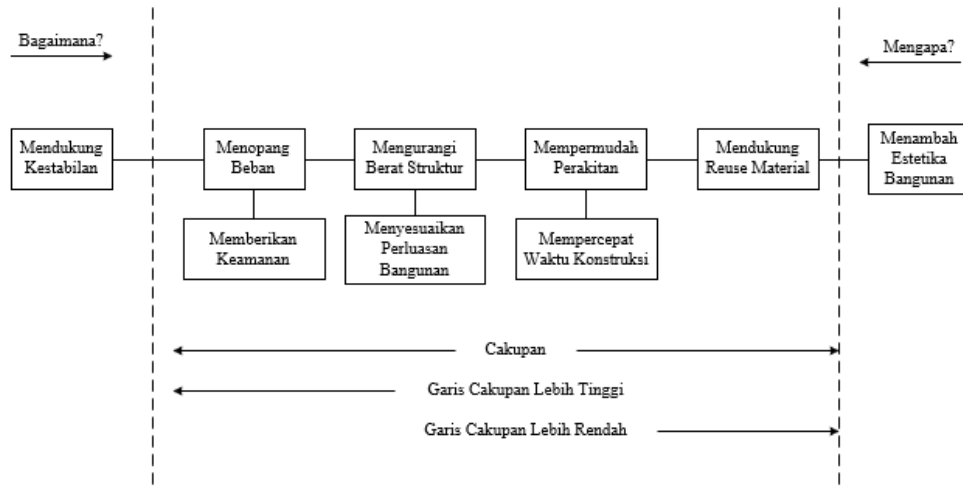
Melalui analisis fungsi, alternatif rangka utama yang mungkin diterapkan tetap menjaga fungsi utama atau primer dari desain rangka utama. Hal ini memastikan bahwa setiap perubahan atau inovasi yang diterapkan tidak mengurangi efektivitas pekerjaan, baik dari segi kualitas, keamanan, maupun stabilitas struktur. Hasil identifikasi fungsi menggunakan metode diagram FAST

(*Function Analysis System Technique*) memetakan fungsi-fungsi dalam pekerjaan rangka utama, memberikan Gambaran yang jelas tentang hierarki fungsi yang harus diprioritaskan. Diagram tersebut akan memperlihatkan mana fungsi yang vital dan mana yang bisa disesuaikan tanpa mengorbankan kualitas proyek. Berikut merupakan Tabel *Activity function matrix* dan Diagram FAST pada Bangunan Gudang Baja pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.55 berikut.

Tabel 5.4 *Activity Function Matrix* Pekerjaan Struktur Rangka Baja

Pekerjaan	Kata Kerja	Kata Benda	Fungsi
Struktur rangka baja	Menopang	Beban	Primer
	Menjaga	Kestabilan	Primer
	Memberi	Keamanan	Primer
	Mempermudah	Perakitan	Sekunder
	Mempercepat	Waktu konstruksi	Sekunder
	Mengurangi	Berat struktur	Sekunder
	Menyesuaikan	Perluasan bangunan	Sekunder
	Mendukung	Daur ulang material	Sekunder
	Menambah	Estetika bangunan	Tersier

(Sumber: Hasil Olahan)



Gambar 5.55 Diagram FAST Struktur Rangka Baja

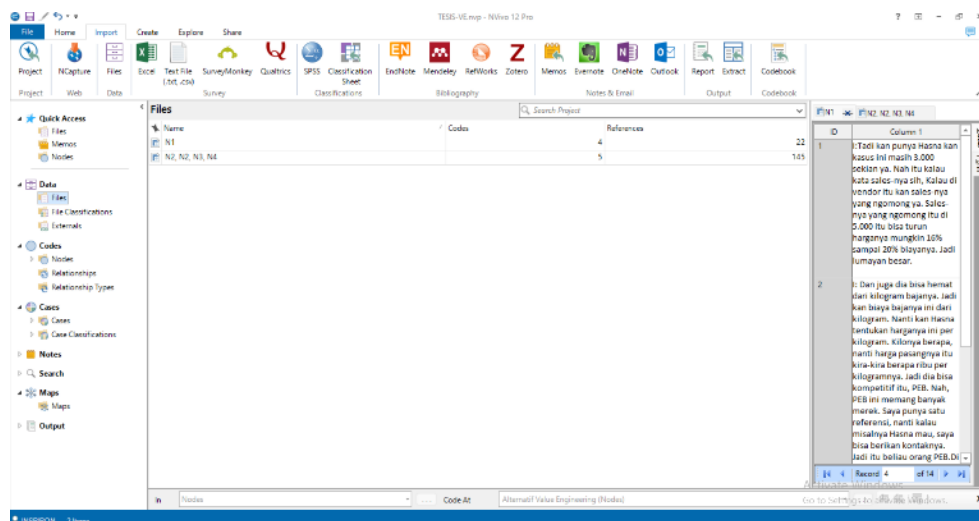
Gambar 5.55 di atas merupakan Diagram FAST (*Function Analysis System Technique*) untuk pekerjaan struktur rangka baja. Diagram ini menggambarkan hubungan antar fungsi dalam menjawab pertanyaan Bagaimana? (*How?*) dan Mengapa? (*Why?*) atas fungsi utama dan sekunder struktur. Fungsi utama dimulai dari Mendukung Kestabilan, yang dijabarkan melalui Menopang Beban, lalu bercabang ke fungsi-fungsi sekunder seperti Mengurangi Berat Struktur, Mempermudah Perakitan, dan Mendukung Reuse Material. Setiap fungsi sekunder memiliki subfungsi yang lebih spesifik, seperti Menyesuaikan Perluasan Bangunan, Mempercepat Waktu Konstruksi, dan Memberikan Keamanan, yang kemudian mengarah pada tujuan akhir yaitu Menambah Estetika Bangunan. Garis cakupan di bagian bawah menunjukkan tingkat keterkaitan antar fungsi, dengan garis cakupan tinggi dan rendah memperlihatkan kontribusi langsung atau tidak langsung terhadap tujuan keseluruhan desain. Diagram ini memudahkan pemahaman nilai-nilai yang dihasilkan oleh struktur rangka baja dalam konteks Value Engineering.

5.3.3 Tahap Kreatif

Pada tahap kreatif, nantinya akan muncul ide-ide alternatif desain dengan harapan menemukan desain yang efisien dan tetap memenuhi fungsi utama untuk proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging. Tahap kreatif

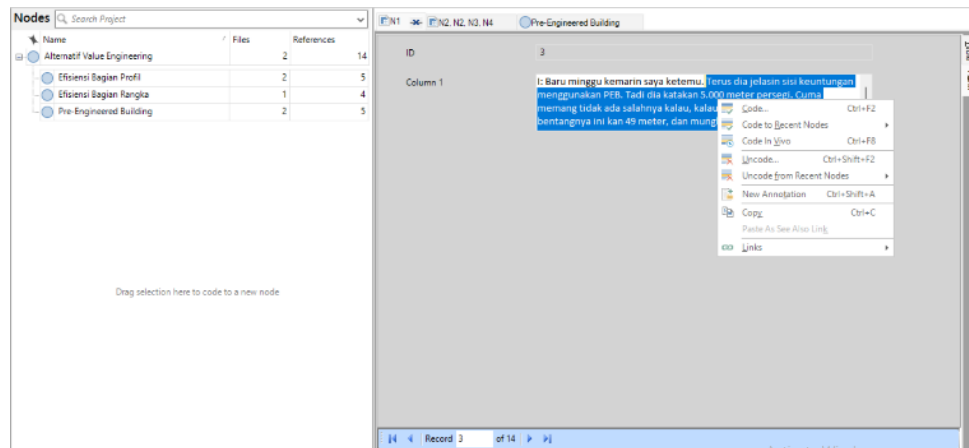
pada pekerjaan rangka utama ini dilakukan dengan mengidentifikasi kriteria kriteria yang nantinya diperlukan pada tahap analisis. Proses identifikasi kriteria-kriteria didapatkan dari hasil wawancara pada ahli baja. Berikut merupakan Langkah Langkah menggunakan NVivo12.

1. Persiapan Data: Transkripsikan data wawancara/FGD dalam format teks (.docx, .txt, .pdf, dsb.).
2. Import Data ke NVivo12 dengan klik *Import*>> *File*>> pilih data wawancara. File pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.56 berikut.



Gambar 5.56 Tampilan Import File Pada NVivo12

3. Membuat *Coding* dan Node: Kelompokkan bagian alternatif yang di sarankan oleh ahli ke masing masing code dengan cara melakukan *open coding* yaitu baca teks dan buat node baru berdasarkan kutipan yang relevan kemudian klik kanan dan pilih “code” tambahkan pada node yang sesuai proses ini disebut “coding”. Proses *coding* dan hasil *coding* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.57 dan Gambar 5.58 berikut.

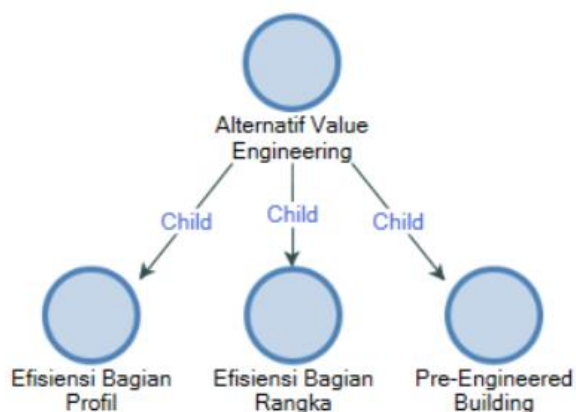


Gambar 5.57 Proses *Open Coding* pada NVivo12

Name	Files	References
Alternatif Value Engineering	2	14
Efisiensi Bagian Profil	2	5
Efisiensi Bagian Rangka	1	4
Pre-Engineered Building	2	5

Gambar 5.58 Hasil Coding pada NVivo12

4. Membuat kategori dan hierarki node dengan menggabungkan node-node yang serupa ke dalam *node parent* (kategori utama) dan *child node* (sub-tema).
5. Visualisasi Data: pada penelitian ini digunakan fitur *Tree Map / Hierarchy Chart* yang akan memperlihatkan struktur tema dan sub-tema. Visualisasi dari hasil *coding* pada NVivo12 dapat dilihat pada Gambar 5.59 berikut.



Gambar 5.59 Visualisasi Hasil Olah Data NVivo12

Gambar 5.59 di atas merupakan struktur hierarki node dalam analisis kualitatif menggunakan perangkat lunak NVivo12. Node utama dalam struktur tersebut adalah *Alternatif Value engineering*, yang berfungsi sebagai tema induk untuk mengorganisir berbagai kutipan atau data dari wawancara yang membahas solusi atau opsi yang diajukan dalam proses *Value engineering* pada proyek *warehouse* baja. Di bawahnya terdapat tiga *sub-node* atau *child node* yang mewakili kategori alternatif yang lebih spesifik, yaitu Efisiensi Bagian Profil, Efisiensi Bagian Rangka, dan *Pre-Engineered Building*.

Node Efisiensi Bagian Profil berisi data yang menunjukkan upaya optimasi elemen baja seperti penggantian jenis, pengurangan ukuran profil, atau pemilihan material yang lebih ekonomis namun tetap memenuhi kekuatan struktur. Sementara itu, node Efisiensi Bagian Rangka mengelompokkan kutipan yang berkaitan dengan perubahan sistem rangka utama gudang, seperti penghapusan kolom tengah, modifikasi bentuk rangka atap, atau penyesuaian sistem *bracing* untuk meningkatkan efisiensi tanpa menurunkan stabilitas bangunan. Adapun *Pre-Engineered Building* (PEB) menjadi alternatif lain yang dikodekan secara terpisah karena sifatnya yang berbeda, di mana struktur baja dirancang secara modular dan diproduksi di pabrik, lalu dirakit di lapangan. PEB sering dianggap sebagai solusi efisien dari sisi biaya, waktu, dan kemudahan pemasangan.

Berdasarkan hasil di atas maka dapat dilihat daftar alternatif dalam pemilihan metode *value engineering* rangka utama pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Daftar Alternatif Pemilihan Metode VE Rangka Utama

Kode	Alternatif Rangka Utama	Skema Pengaplikasian
I	Efisiensi Bagian Rangka	<ul style="list-style-type: none"> • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom
II	Efisiensi Profil	<ul style="list-style-type: none"> • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya
III	<i>Pre-Engineered Building</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga

Selanjutnya dilakukan penilaian dengan melakukan penyebaran kuisisioner yang nantinya responden akan memberikan saran terkait alternatif yang layak dipertimbangkan dalam penerapan *value engineering* dan menjadi parameter untuk menilai apakah alternatif yang diajukan sudah tepat. Apakah metode yang diajukan dapat digunakan dalam konstruksi gedung baja dan apakah memungkinkan metode tersebut digunakan dalam konstruksi studi kasus tersebut. Kuisisioner akan disebar ke 15 responden dengan rincian data seperti pada Lampiran 2. Namun dilakukan analisis keuntungan serta analisis AHP seperti pada Lampiran 4 dan Lampiran 5 dan didapatkan 6 responden tidak memenuhi kriteria karena hasil analisis tidak memenuhi *consistency ratio* yaitu $\leq 10\%$.

Berdasarkan uraian tersebut maka akan dilakukan pembahasan lebih lanjut terhadap 9 responden yang memenuhi kriteria. Rincian responden dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rincian Responden

No.	Responden	Pekerjaan	Instansi	Pengalaman
1	R1	Dosen	Universitas Islam Indonesia	9
2	R2	Dosen	Universitas Islam Indonesia	7
3	R3	Dosen	Universitas Islam Indonesia	10
4	R4	Kontraktor	PT Indonesia Xin Hai Steel Structure	1,5
5	R5	Kontraktor	PT Indonesia Xin Hai Steel Structure	1
6	R6	Kontraktor	PT Indonesia Xin Hai Steel Structure	5
7	R7	Konsultan Perencana	PT Pola Data Consultant	3
8	R8	Konsultan Perencana	PT Pola Data Consultant	2,5
9	R9	Konsultan Perencana	PT Pola Data Consultant	3

5.3.4 Tahap Evaluasi

Tahap ini merupakan tahapan lanjutan dari tahap kreatif, dimana nantinya alternatif pada tahap sebelumnya akan dianalisis keuntungan kerugian dan analisis penilaian kriteria. Dari analisis yang dilakukan tersebut akan didapatkan alternatif terpilih. Berdasarkan uraian di atas, analisis lebih lanjut dijabarkan sebagai berikut

1. Analisis Keuntungan dan Kerugian

Tahap analisis yang pertama dalam memilih alternatif metode *value engineering* rangka utama adalah dengan menggunakan penilaian berdasarkan keuntungan dan kerugian dari alternatif tersebut yang ditinjau berdasarkan masing-masing kriteria. Adapun kriteria yang digunakan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Jaya dkk. (2019) dan Asmarani (2019). Adapun kriteria tersebut beserta kodefikasinya adalah sebagai berikut.

- a. Biaya (A)
- b. Pengetahuan Praktisis (B)
- c. Ketersediaan Material (C)
- d. Sistem Struktur (D)

Penilaian keuntungan dan kerugian dilakukan oleh 9 orang responden dari kalangan akademisi dan praktisi dengan kriteria memiliki pengalaman minimal 1 tahun dibidangnya. Adapun hasil penilaian yang dilakukan oleh responden dapat dilihat pada Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.7 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Biaya (A)

Alternatif	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Rerata
Efisiensi Bagian Rangka	2	2	3	2	3	3	3	3	1	2,44
Efisiensi Profil	3	3	4	4	2	4	4	4	2	3,33
<i>Pre-Engineered Building</i>	4	3	2	4	2	4	4	2	3	3,11

Tabel 5.8 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Pengetahuan Praktisi (B)

Alternatif	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Rerata
Efisiensi Bagian Rangka	2	1	3	2	3	3	4	3	3	2,67
Efisiensi Profil	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3,56
<i>Pre-Engineered Building</i>	4	2	4	4	3	3	4	3	3	3,33

Tabel 5.9 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Ketersediaan Material (C)

Alternatif	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Rerata
Efisiensi Bagian Rangka	3	2	3	3	4	4	4	2	4	3,22
Efisiensi Profil	2	3	3	2	3	4	4	4	3	3,11
<i>Pre-Engineered Building</i>	4	3	4	4	3	4	4	2	1	3,22

Tabel 5.10 Penilaian Keuntungan Kerugian Terhadap Kriteria Ketahanan Struktur (D)

Alternatif	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Rerata
Efisiensi Bagian Rangka	3	3	4	3	3	3	4	3	2	3,11
Efisiensi Profil	2	3	4	2	4	4	3	4	3	3,22
<i>Pre-Engineered Building</i>	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3,33

dengan:

R (1-9) : Responden satu (1) sampai sembilan (9)

Rata-Rata : Hasil penjumlahan dari nilai yang didapatkan oleh setiap alternatif dan dibagi dengan jumlah responden atau data

Berdasarkan penilaian yang telah diberikan responden kemudian diambil nilai rata-rata dari setiap alternatif bekisting plat lantai. Adapun rekapitulasi data dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Penilaian Keuntungan Kerugian

Alternatif	Kriteria			
	Biaya (A)	Pengetahuan Praktisi (B)	Ketersediaan Material (C)	Ketahanan Struktur (D)
Efisiensi Bagian Rangka	2,44	2,67	3,22	3,11
Efisiensi Profil	3,33	3,56	3,11	3,22
<i>Pre-Engineered Building</i>	3,11	3,33	3,22	3,33

2. Analisis Penilaian Kriteria

Penilaian terhadap kriteria dilakukan untuk mengevaluasi setiap kriteria dalam memilih alternatif. Proses ini bertujuan untuk menentukan bobot masing masing kriteria, sehingga setiap kriteria memiliki prioritas yang berbeda sesuai dengan hasil peringkat. Metode pembobotan yang digunakan adalah *Analytical Hierarchy Process* (AHP), di mana responden yang berkompeten sebagai praktisi atau akademisi memberikan penilaian berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan melalui teknik kuesioner.

a. Penentuan Bobot Kriteria

Adapun kriteria yang digunakan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Hittah (2007) dan Yepes & López (2021) Adapun kriteria tersebut beserta kodifikasinya adalah sebagai berikut.

- 1) Biaya (A)
- 2) Pengetahuan Praktisi (B)

- 3) Ketersediaan Material (C)
- 4) Sistem Struktur (D)

Bobot dari masing-masing kriteria akan dihitung menggunakan metode perbandingan berpasangan, dan hasilnya akan diuji konsistensinya. Berdasarkan metode AHP, agar penilaian dikategorikan konsisten, nilai *Consistency Ratio* (CR) harus kurang dari 10%. Contoh perhitungan bobot kriteria pemilihan alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14 dan Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.12 Matriks Penilaian Perbandingan Berpasangan Responden 1

KRITERIA	A	B	C	D
A	1,00	0,33	1,00	1,00
B	3,00	1,00	3,00	1,00
C	1,00	0,33	1,00	0,33
D	1,00	1,00	3,00	1,00

Tabel 5.13 Matriks Hasil Penjumlahan Setiap Kolom Responden 1

KRITERIA	A	B	C	D
A	1,00	0,33	1,00	1,00
B	3,00	1,00	3,00	1,00
C	1,00	0,33	1,00	0,33
D	1,00	1,00	3,00	1,00
Jumlah	6,00	2,67	8,00	3,33

Tabel 5.14 Matriks Normalisasi Responden 1

KRITERIA	A	B	C	D
A	0,17	0,13	0,13	0,30
B	0,50	0,38	0,38	0,30
C	0,17	0,13	0,13	0,10
D	0,17	0,38	0,38	0,30
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 5.15 Matriks Perhitungan Bobot Kriteria Responden 1

KRITERIA	A	B	C	D	Bobot
A	0,17	0,13	0,13	0,30	0,18
B	0,50	0,38	0,38	0,30	0,39
C	0,17	0,13	0,13	0,10	0,13
D	0,17	0,38	0,38	0,30	0,30
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	

Setelah didapatkan bobot dari masing-masing kriteria pemilihan alternatif bekisting plat lantai maka langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah mengecek konsistensi dari penilain yang dilakukan oleh responden. Berikut merupakan perhitungan untuk mengetahui nilai *consistency index* yang dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17.

Tabel 5.16 Matriks Perhitungan Bobot Vektor Responden 1

KRITERIA	A	B	C	D	Bobot
A	0,18	0,13	0,13	0,30	0,74
B	0,54	0,39	0,39	0,30	1,62
C	0,18	0,13	0,13	0,10	0,54
D	0,18	0,39	0,39	0,30	1,26

Tabel 5.17 Matrik Perhitungan Vektor Konsistensi Responden 1

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
Biaya (A)	0,74	0,18	4,14
Pengetahuan Praktisi (B)	1,62	0,39	4,17
Ketersediaan Material (C)	0,54	0,13	4,17
Sistem Struktur (D)	1,26	0,30	4,14
Jumlah Vektor Konsistensi			16,62

Mencari nilai *Maximum Eigen Value*

$$\lambda_{maks} = \frac{\text{Jumlah vektor konsistensi}}{n}$$

$$= \frac{16,62}{4}$$

$$= 4,16$$

Mencari nilai *Consistency Index* (CI)

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1}$$

$$= \frac{4,16 - 4}{4 - 1}$$

$$= 0,05$$

Mencari nilai *Consistency Ratio* (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$= \frac{0,05}{0,9}$$

$$= 6 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai *Consistency Ratio* (CR) sebesar 6 %, sehingga nilai tersebut memenuhi syarat konsistensi yaitu sebesar $\leq 10\%$, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penilaian responden adalah konsisten dan dapat digunakan.

Untuk menentukan bobot kriteria dalam pemilihan alternatif rangka utama, nilai rata-rata dari bobot yang dihitung dari setiap responden akan diambil. Rekapitulasi hasil perhitungan bobot kriteria tersebut disajikan pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Perhitungan Bobot Kriteria

Kriteria	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Rerata
Biaya (A)	0,18	0,44	0,12	0,12	0,20	0,11	0,11	0,13	0,31	0,19
Pengetahuan Praktisi (B)	0,39	0,23	0,10	0,30	0,36	0,34	0,36	0,24	0,24	0,28
Ketersediaan Material (C)	0,13	0,13	0,25	0,10	0,14	0,18	0,23	0,34	0,14	0,18
Sistem Struktur (D)	0,30	0,20	0,54	0,48	0,31	0,37	0,29	0,29	0,31	0,34

Berdasarkan Tabel 5.18 di atas dapat disimpulkan bahwa urutan kriteria tingkat kepentingan dalam pemilihan alternatif rangka utama jika diurutkan dari yang paling penting adalah sebagai berikut.

- 1) Sistem Struktur (D)
- 2) Pengetahuan Praktisi (B)

- 3) Biaya (A)
 - 4) Ketersediaan Material (C)
- b. Analisis Pembobotan Menyeluruh

Untuk menentukan alternatif rangka utama pada *value engineering* Gedung baja yang direkomendasikan, dilakukan proses perankingan guna menentukan alternatif yang akan diajukan. Proses perankingan ini dilakukan dengan mensintesis antara nilai keuntungan dan kerugian setiap alternatif yang diperoleh dari analisis tersebut dengan bobot dari masing-masing kriteria. Hasil dari sintesis ini akan menghasilkan bobot keseluruhan untuk setiap alternatif. Matriks perhitungan yang digunakan untuk menentukan peringkat alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Pembobotan Menyeluruh dan Perankingan Alternatif

Alternatif	Kriteria				Bobot	Rangking
	A	B	C	D		
	0,19	0,28	0,18	0,34		
I	2,44	2,67	3,22	3,11	2,88	3
II	3,33	3,56	3,11	3,22	3,32	1
III	3,11	3,33	3,22	3,33	3,27	2

Dengan:

- Alternatif I : Efisiensi Bagian Rangka
 Alternatif II : Efisiensi Profil
 Alternatif III : *Pre-Engineered Building*
 Kriteria A : Biaya
 Kriteria B : Pengetahuan Praktisi
 Kriteria C : Ketersediaan Material
 Kriteria D : Sistem Struktur

Tabel 5.19 di atas merupakan hasil analisis pada *Analytical Hierarchy Process* (AHP) diperoleh kesimpulan bahwa Alternatif yang memiliki rangking 1 adalah efisiensi profil (alternatif II) dengan bobot nilai 3,32,

untuk rangking 2 adalah *Pre-Engineered Building* (alternatif III) dengan bobot nilai 3,27, sedangkan alternatif pada rangking 3 adalah efisiensi bagian rangka (alternatif I) dengan bobot nilai 2,88.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alternatif yang akan dikembangkan lebih lanjut adalah alternatif II yaitu **efisiensi profil**. Meskipun alternatif II ditetapkan sebagai prioritas utama untuk pengembangan lebih lanjut, namun nilai yang diperoleh oleh alternatif III tidak terput jauh, hanya selisih 0,05 poin. Hal ini menunjukkan bahwa alternatif *Pre-Engineered Building* (PEB) juga memiliki potensi yang cukup signifikan untuk dikaji lebih lanjut dalam penelitian selanjutnya.

Pengembangan penelitian terhadap alternatif PEB layak dilakukan karena beberapa alasan. Pertama, PEB merupakan metode konstruksi yang sedang berkembang pesat di industri bangunan baja, dengan keunggulan dalam hal kecepatan pelaksanaan, efisiensi biaya, serta konsistensi mutu karena komponen utamanya diproduksi di pabrik. Kedua, penggunaan PEB sangat relevan untuk bangunan seperti gudang atau pabrik, yang umumnya membutuhkan bentang lebar dan waktu pembangunan yang singkat. Ketiga, pendekatan PEB juga memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dengan teknologi Building Information Modeling (BIM), sehingga memungkinkan optimalisasi dari sisi desain, estimasi biaya, hingga pemeliharaan bangunan.

5.3.5 Tahap Pengembangan

Pada tahap ini akan dilakukan 3 pengembangan alternatif terpilih yaitu sebagai berikut.

1. Melakukan Perhitungan Struktur dengan SAP 2000 v.26

a. Perencanaan pembebanan

Pada tahap ini pembebanan yang dilakukan sama dengan eksisting pada perhitungan di atas. Berikut rekapitulasi pembebanan.

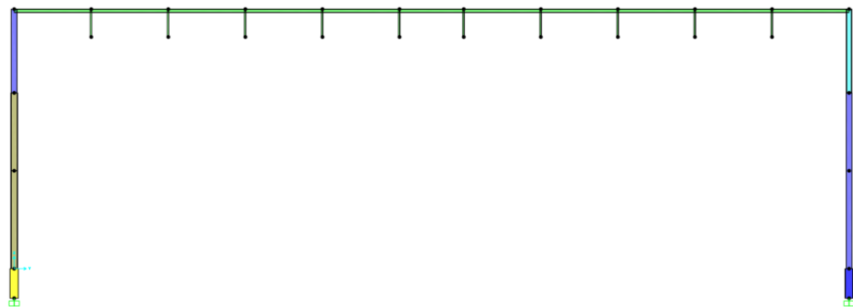
Beban mati sendiri (selfweight)	: Dibantu oleh SAP2000
Beban mati tambahan penutup atap	: 0,045 kN/m
Beban hidup atap	: 1,0015 kN/m

Beban hujan	: 0,2 kN/m
Beban angin (gording)	: $P_{\text{windward}} = 0,097 \text{ kN/m}^2$
	$P_{\text{leeward}} = 0,139 \text{ kN/m}^2$
Beban angin (kolom)	: $P_{\text{windward}} = 0,250 \text{ kN/m}^2$
	$P_{\text{leeward}} = -0,160 \text{ kN/m}^2$
	$P_{\text{sideward}} = -0,225 \text{ kN/m}^2$

b. Melakukan pemodelan alternatif terpilih.

Tahapan pemodelan alternatif dilakukan sesuai alternatif terpilih yang mana merupakan hasil tahap sebelumnya. Alternatif terpilih pada penelitian ini adalah efisiensi profil. Efisiensi tersebut diperoleh dari *trial and error* yang hasilnya adalah sebagai berikut.

- 1) Menghilangkan struktur truss arah y. *Modelling* alternatif portal sumbu Y pada SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 5.60 dan Gambar 5.61 berikut

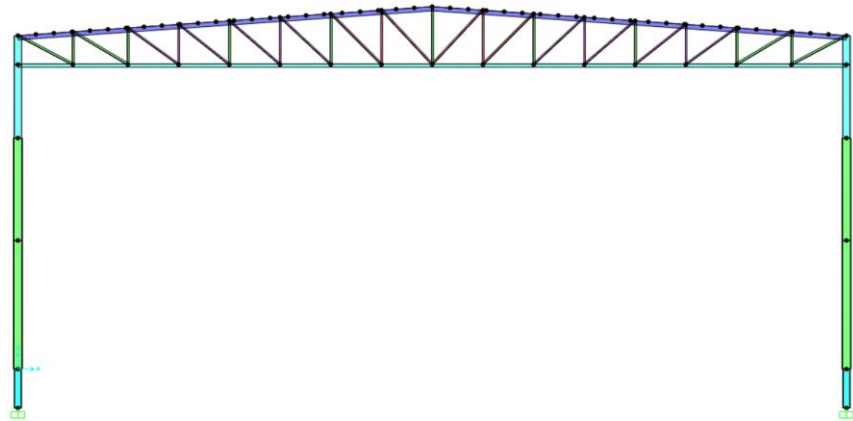


Gambar 5.60 Efisiensi Profil pada Portal Sumbu Y Grid 2, 4, 6 dan 8



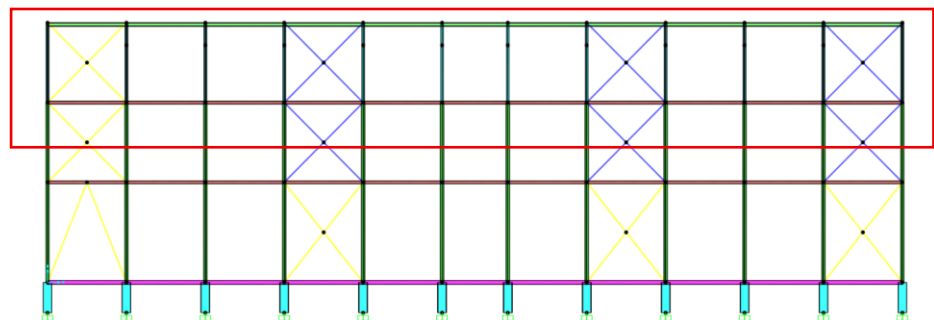
Gambar 5.61 Efisiensi Profil pada Portal Sumbu Y Grid 5 dan 7

- 2) Melakukan efisiensi profil pada bagian rangka *truss* sumbu x dan dijadikan menjadi portal tipikal. *Modelling* alternatif pada bagian rangka *truss* dapat dilihat pada Gambar 5.62 berikut.

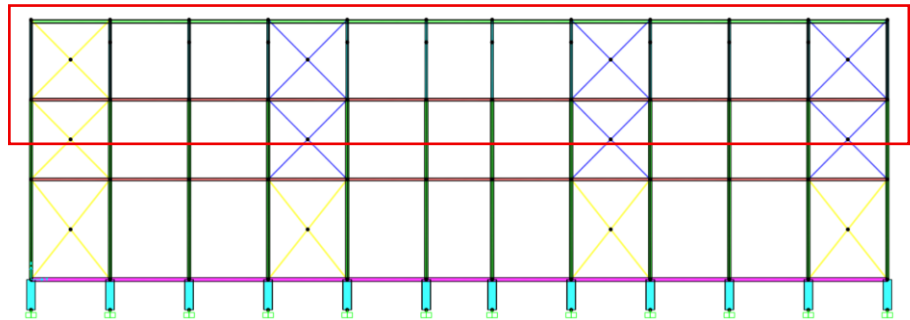


Gambar 5.62 Efisiensi Profil pada Bagian *Truss* Sumbu X

- 3) Melakukan efisiensi profil pada bagian kolom Grid 1 dan 9. *Modelling* alternatif pada bagian kolom Grid 1 dan 9 dapat dilihat pada Gambar 5.63 dan Gambar 5.64 berikut.

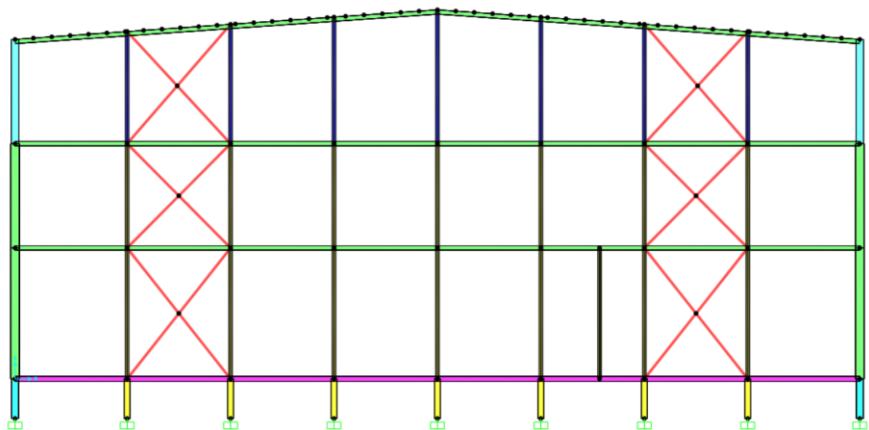


Gambar 5.63 Efisiensi Profil Kolom Atas pada Grid 1

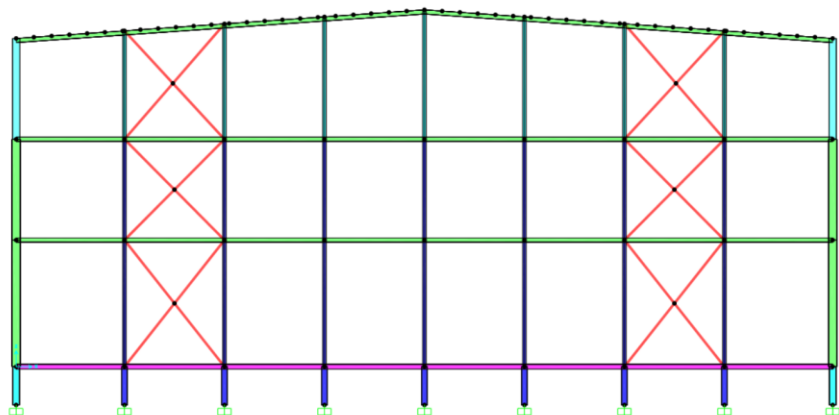


Gambar 5.64 Efisiensi Profil Kolom Atas pada Grid 9

- 4) Efisiensi profil pada bagian kolom Grid A dan L. *Modelling* alternatif pada bagian kolom Grid A dan L dapat dilihat pada Gambar 5.65 dan Gambar 5.66 berikut.



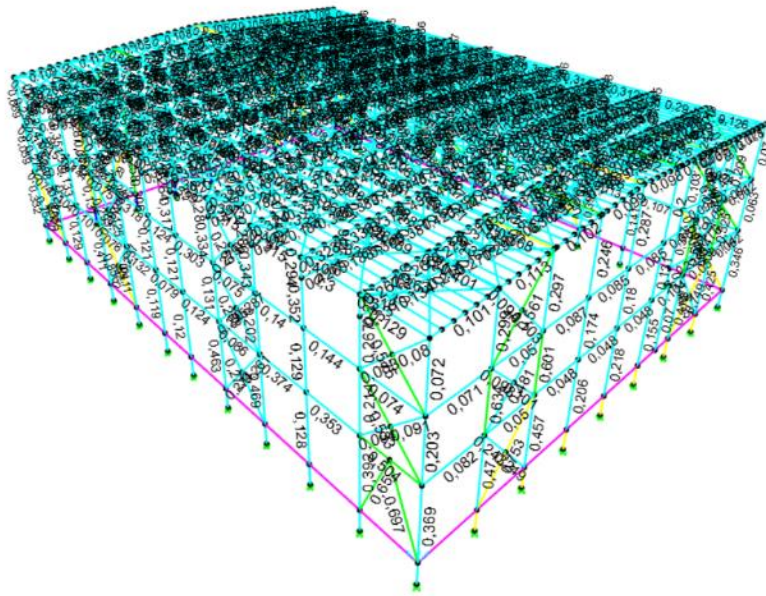
Gambar 5.65 Efisiensi Profil Kolom Atas pada Grid A



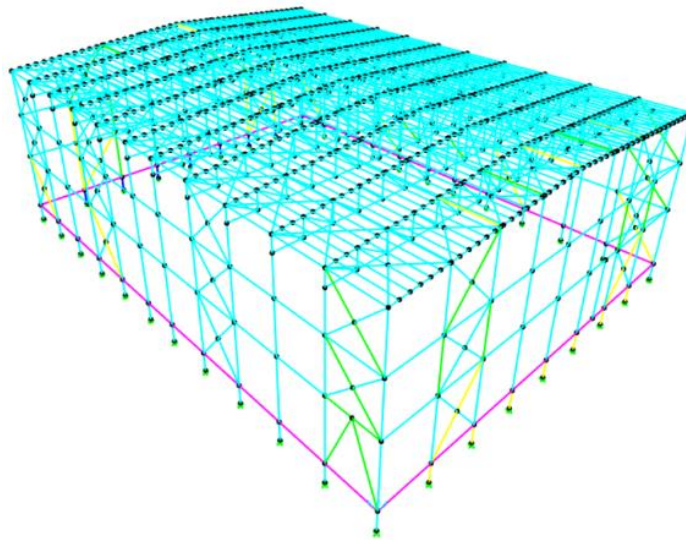
Gambar 5.66 Efisiensi Profil Kolom Atas pada Grid L

c. Pemeriksaan Desain Baja

Hasil pemodelan alternatif juga dilakukan pemeriksaan terhadap keamanan dan kestabilan strukturnya sebagaimana dilakukan juga pada struktur eksisting. Hasil dari pemeriksaan desain dapat dilihat pada Gambar 5.67 dan Gambar 5.68 sebagai berikut.



Gambar 5.67 Pengecekan *Stress Ratio* pada Model Alternatif



Gambar 5.68 Pengecekan pada *Identify All Failures* Alternatif

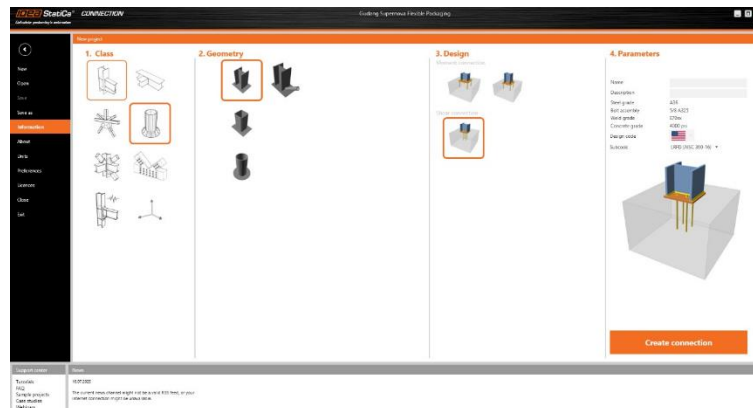
Berdasarkan Gambar 5.66 dan Gambar 5.67 di atas juga tidak terdapat tanda adanya kegagalan yang ditunjukkan dengan kata “*flexure*” pada batang profil. Selan itu, pada pengecekan *stress ratio* pada model alternatif rasio tertinggi yaitu pada kolom sebesar 0,769, Balok 0,887 dan pada bracing sebesar 0,855 hal ini masih memenuhi persyaratan ratio dari AISC360 sebesar <1 . Sehingga struktur tersebut dikatakan aman.

2. Desain sambungan, dilakukan dengan menggunakan *software* IdeaStatiCa dengan tahapan sebagai berikut.
 - a. Buka *software* IdeaStatiCa, pilih “*Connection*” pada menu awal seperti pada Gambar 5.69 berikut.



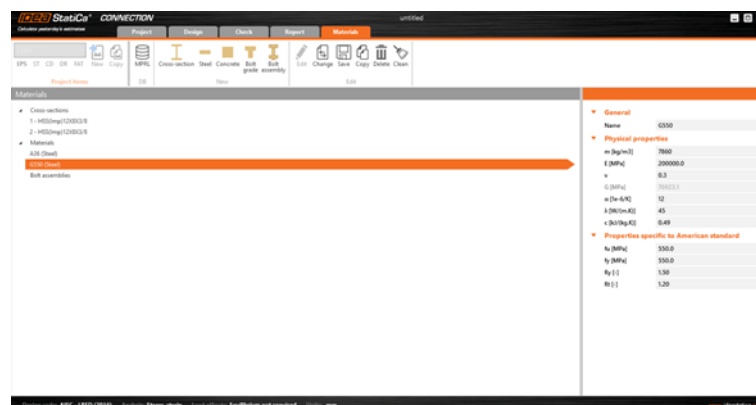
Gambar 5.69 Jendela Awal Tampilan Idea Statica

- b. Setelah itu pilih template sambungan yang akan diterapkan seperti Gambar 5.70 berikut.



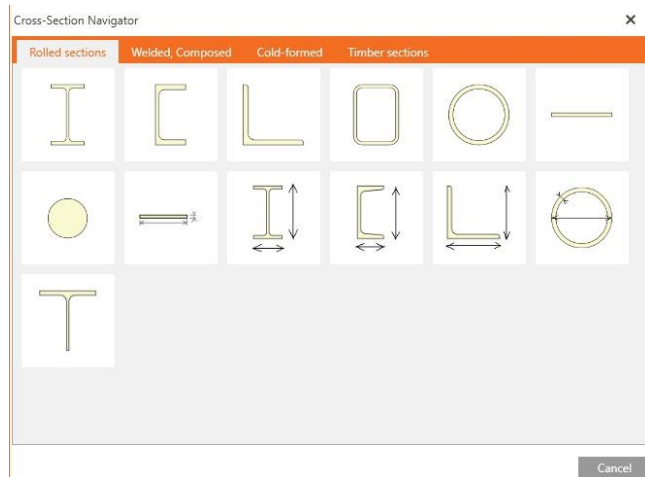
Gambar 5.70 *Jendela Template Sambungan*

- c. Memilih material yang akan digunakan dengan klik menu “*Materials*”. Pada penelitian ini akan digunakan material ASTM A36 seperti Gambar 5.71 berikut.



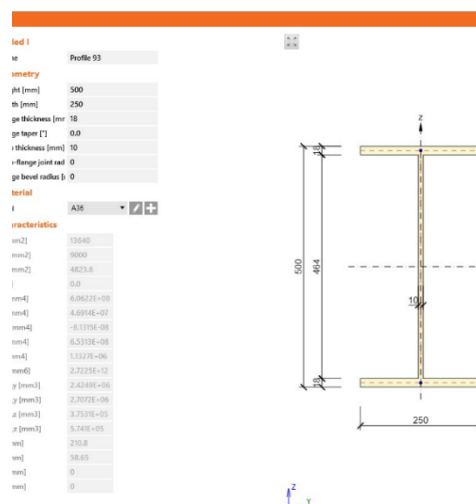
Gambar 5.71 *Jendela Menu Materials*

- d. Memilih profil baja dengan klik *materials >> cross-section*, lalu akan muncul jendela *cross-section navigator* seperti Gambar 5.72 berikut.



Gambar 5.72 *Jendela Cross-Section Navigator*

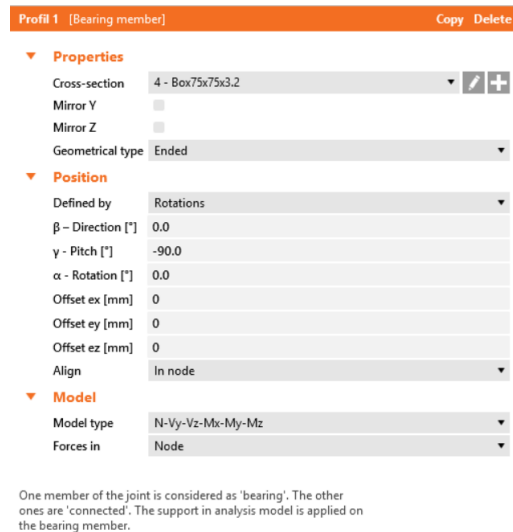
Pilih profil yang digunakan untuk pemodelan sambungan, pada penelitian ini dipilih profil IWF. Setelah itu lakukan penyesuaian dimensi dan *database section profile* pada jendela yang muncul seperti Gambar 5.73 berikut.



Gambar 5.73 *Penyesuaian Parameter Member Profil*

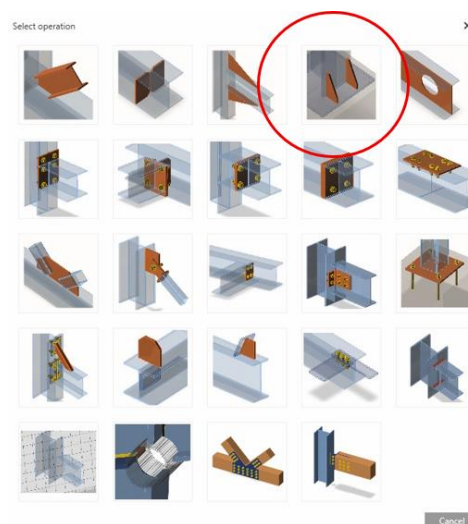
Lakukan penambahan *profile* sesuai kebutuhan pada penelitian dengan langkah yang sama seperti di atas.

- e. Memodelkan sambungan sesuai yang diinginkan dengan *Add member* dan *operation*. Klik “*member*” pada *toolbar design* lalu akan muncul tampilan seperti Gambar 5.74 berikut.



Gambar 5.74 Jendela Penyesuaian Parameter Bearing Member

Tambahkan member lain jika ada, pada sambungan pertama pada penelitian ini dilakukan pada baseplate sehingga dapat lanjut pada menu operasi dengan cara memilih menu *operation* pada *toolbar design* seperti Gambar 5.75 berikut.



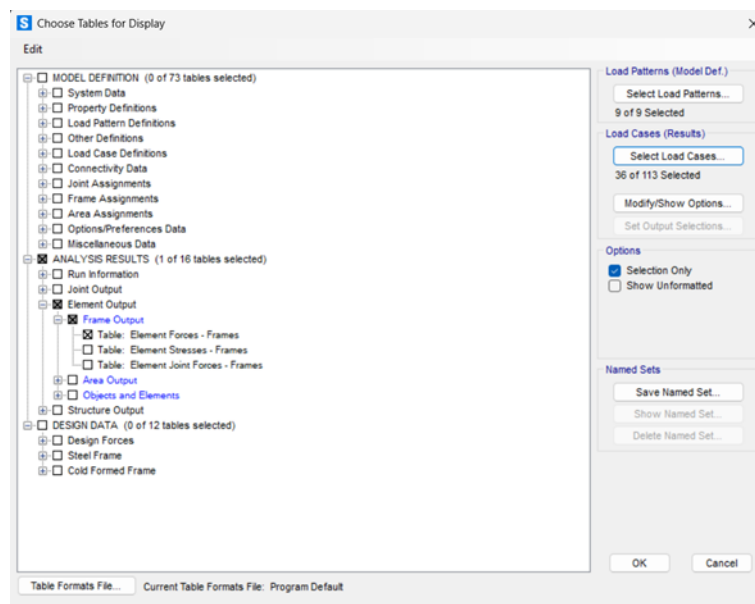
Gambar 5.75 Jendela Operation

Berdasarkan sambungan baseplate maka pilih operasi yang dilingkari merah. Kemudian sesuaikan parameter seperti Gambar 5.76 berikut.



Gambar 5.76 Parameter Material pada *Operation*

Berikan pembebanan pada sambungan dengan gaya yang diperoleh dari dalam SAP2000 V26. *Export* gaya dalam pada SAP2000 dilakukan dengan memilih semua profil yang akan di *export*. Selanjutnya pilih menu *show table* pada *toolbar display* seperti Gambar 5.77 berikut.



Gambar 5.77 Jendela *Show Tables*

Pilih tabel *element forces – frame* >> sesuaikan *load patterns* dan *load combination*, sehingga muncul jendela sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5.78 berikut.

Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text
20	0	LRFD 1-1	Combination	-2.931	-0.035	0.104	0.0041	0.0123	0.0116	20-1
20	0.058	LRFD 1-1	Combination	-2.92	-0.035	0.104	0.0041	0.0063	0.0136	20-1
20	0.058	LRFD 1-1	Combination	-2.64	-0.093	-0.104	0.0042	-0.0247	-0.0264	20-2
20	0.4	LRFD 1-1	Combination	-2.572	-0.093	-0.104	0.0042	0.0107	0.0052	20-2
20	0.4	LRFD 1-1	Combination	-2.222	-0.033	-0.07	0.0042	-0.0149	-0.0152	20-3
20	0.5	LRFD 1-1	Combination	-2.202	-0.033	-0.07	0.0042	-0.0079	-0.0119	20-3
20	0.8	LRFD 1-1	Combination	-2.143	-0.033	-0.07	0.0042	0.0132	-0.0021	20-3
20	0.8	LRFD 1-1	Combination	-1.824	-0.096	-0.04	0.0055	-0.0077	-0.025	20-4
20	1	LRFD 1-1	Combination	-1.785	-0.096	-0.04	0.0055	0.0003648	-0.0058	20-4
20	0	LRFD 2-1	Combination	-6.14	-0.038	0.326	0.0067	0.0363	0.0328	20-1
20	0.058	LRFD 2-1	Combination	-6.13	-0.038	0.326	0.0067	0.0174	0.035	20-1
20	0.058	LRFD 2-1	Combination	-5.517	-0.201	-0.236	0.0073	-0.0555	-0.0582	20-2
20	0.4	LRFD 2-1	Combination	-5.459	-0.201	-0.236	0.0073	0.0253	0.0105	20-2

Gambar 5.78 Jendela *Element Forces-Frame*

Kemudian *export* tabel tersebut dengan klik *File>>export current table>>Microsoft excel*. Gaya dalam yang digunakan untuk desain sambungan *baseplate* tersebut sesuai dengan Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Gaya Dalam Sambungan

	P (kN)	V3 (kN)	V2 (kN)	T(kN-m)	M3(kN-m)	M2(kN-m)
Pmax	-403,974	-0,374	-5,582	-0,0137	34,9756	-2,0799
Pmin	329,594	0,226	0,298	-0,0097	0,8952	1,3048
V2max	-91,615	0,026	12,676	-0,0016	-40,5881	0,1424
V2min	-146,763	-0,098	-11,149	-0,0056	76,7072	-0,501
V3max	-52,381	2,305	-0,372	-0,001	1,8186	3,2058
V3min	-24,399	-1,803	1,115	-0,00084	0,5904	-2,5263
M2max	-64,373	2,301	2,288	0,0146	-5,1444	3,2198
M2min	-294,289	-0,641	-0,519	-0,0102	5,7443	-3,1353
M3max	-144,308	-0,088	11,152	0,0049	-76,7101	-0,4573
M3min	-146,763	-0,098	-11,149	-0,0056	76,7072	-0,501

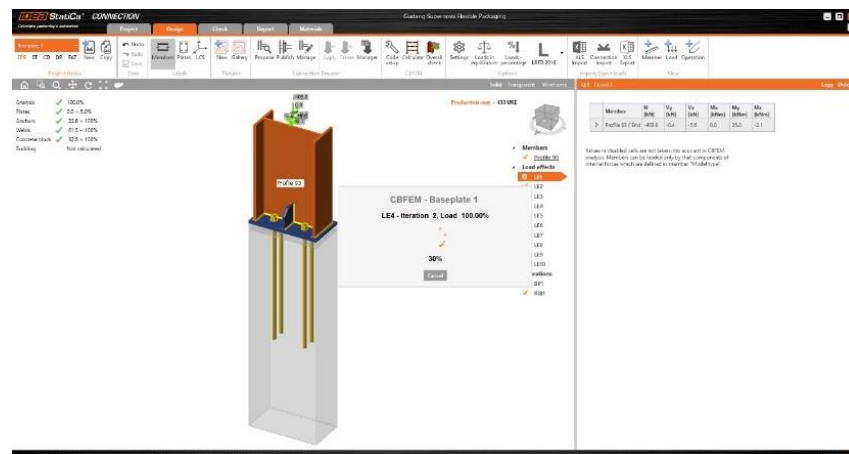
Beban di atas ditambahkan pada *software* IDEA StatiCa dengan cara memilih *menu load pada toolbar design*. Sebagai contoh, pembebanan LE 1 yang telah ditambahkan dapat dilihat pada Gambar 5.79 berikut.

LE1 [Load] Copy Delete						
Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
> Profile 93 / End	-403.0	-0.4	-5.6	0.0	35.0	-2.1

Values in disabled cells are not taken into account in CBFEM analysis. Members can be loaded only by that components of internal forces which are defined in member "Model type".

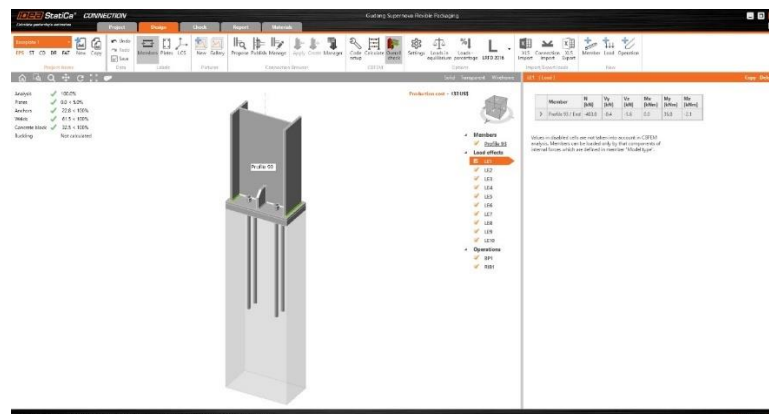
Gambar 5.79 Load LE 1

- f. Lakukan analisis dan desain sambungan dengan klik “*calculate*” pada toolbar untuk melakukan analisis sambungan. Proses analisis dapat dilihat pada Gambar 5.80 berikut.



Gambar 5.80 Proses Analisis Sambungan

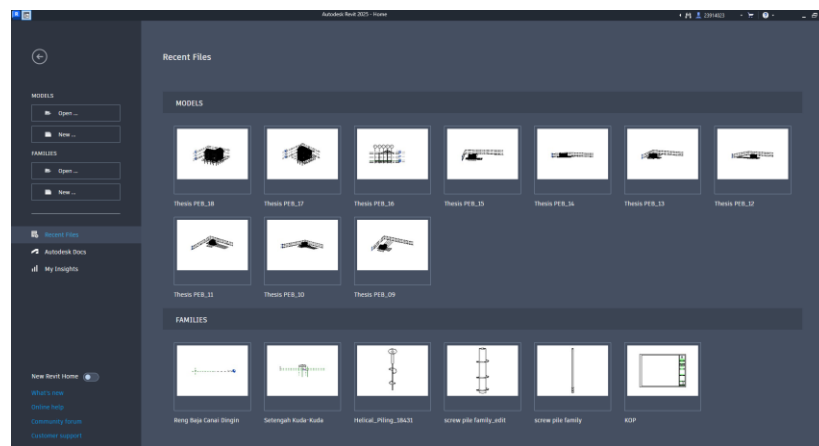
Tunggu hingga proses analisis selesai, *software* akan menampilkan hasil analisis sambungan serta dapat dilihat apakah desain sambungan tersebut aman sesuai dengan batas yang diizinkan seperti Gambar 5.81 berikut.



Gambar 5.81 Tampilan Hasil Analisis Sambungan

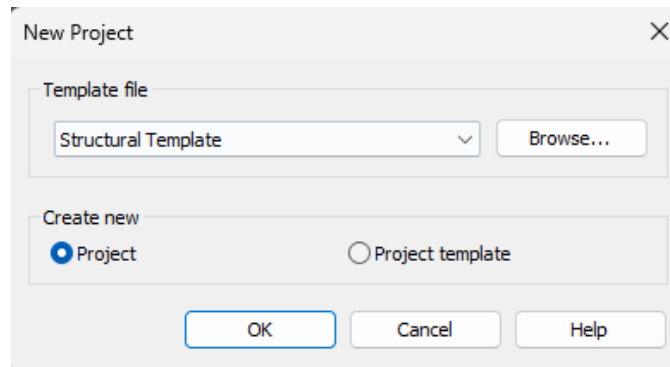
Berdasarkan hasil di atas, maka sambungan tersebut dinyatakan aman. Lakukan analisis dengan tahapan yang sama terhadap sambungan lainnya.

3. Melakukan Pemodelan 3D BIM menggunakan Revit
 - a. Buka *Software* Revit 2025, selanjutnya akan muncul jendela awal seperti Gambar 5.82 berikut.



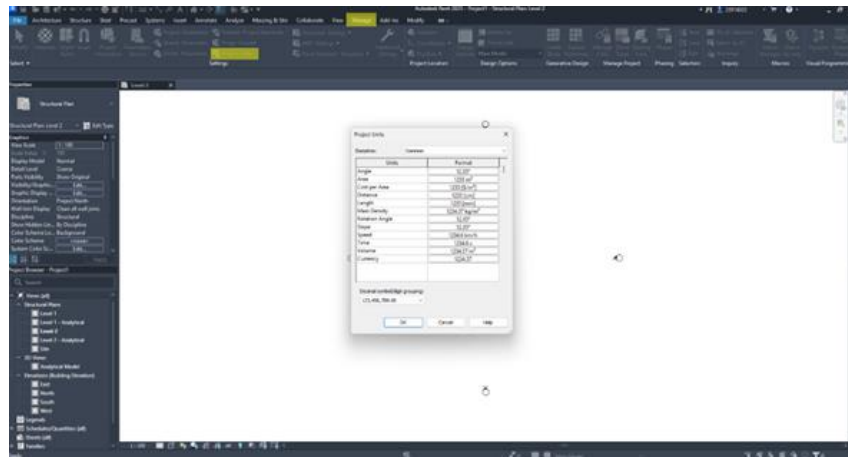
Gambar 5.82 Jendela Awal Revit 2025

Pada “Models” klik *New* >> *structural template* >> *OK* seperti pada Gambar 5.83 berikut.



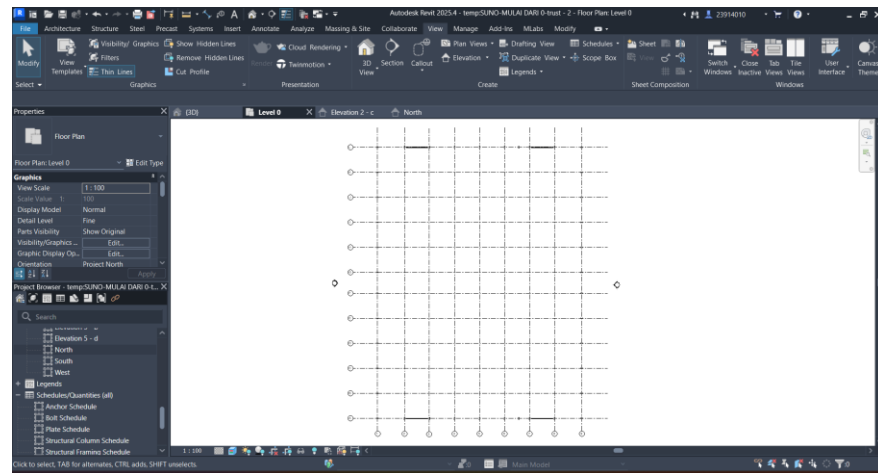
Gambar 5.83 *Jendela New Project*

- b. Lakukan pengaturan satuan dengan dengan memilih *toolbar manage* pada *taskbar*, kemudian pilih *project unit* dan sesuaikan unit sesuai dengan kebutuhan dalam pemodelan seperti Gambar 5.84 berikut.

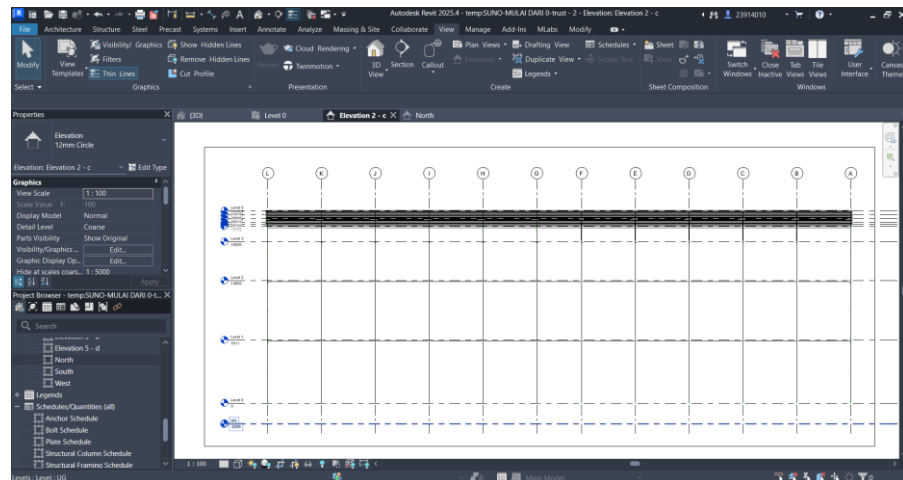


Gambar 5.84 *Pengaturan Project Units*

- c. Membuat grid dan mengatur elevasi sesuai kebutuhan. Pada penelitian ini dapat dilihat denah grid dan juga elevasi yang digunakan pada Gambar 5.85 dan Gambar 5.86 berikut.

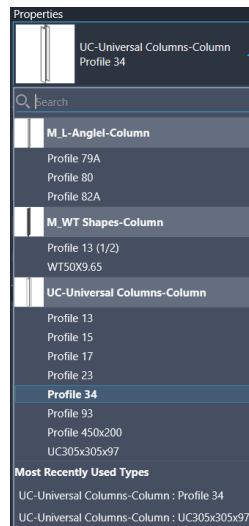


Gambar 5.85 Membuat Grid pada Revit



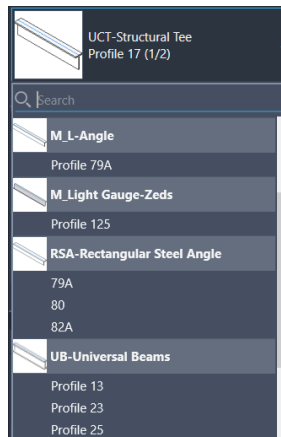
Gambar 5.86 Mengatur Elevasi pada Revit

- d. Melakukan pemodelan kolom, balok, serta *base plate*. Pemodelan kolom klik *Structure*>>*column* pada *toolbar* sehingga nantinya akan muncul tipe-tipe kolom. Sesuaikan tipe dengan kebutuhan seperti Gambar 5.87 berikut.



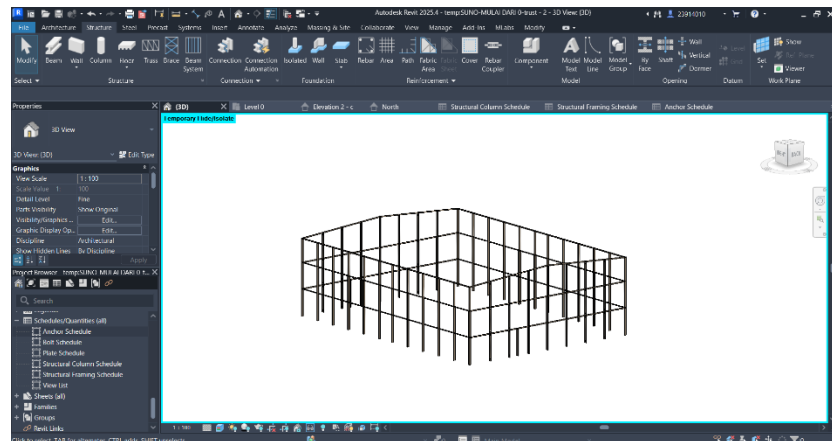
Gambar 5.87 *Jendela Family Kolom*

- e. Pada pemodelan balok maka klik *Structure>>beam* pada *toolbar*. Kemudian sesuaikan tipe balok dengan kebutuhan seperti Gambar 5.88 berikut.



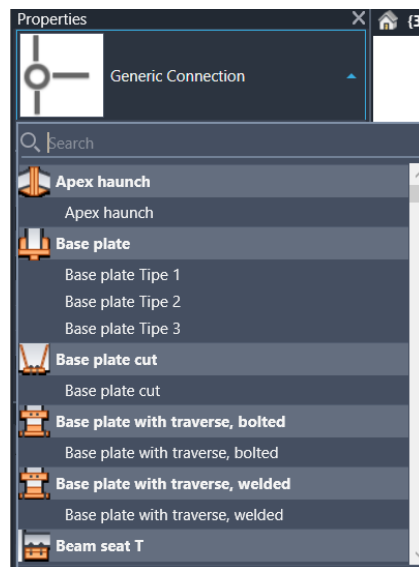
Gambar 5.88 *Jendela Family Balok*

Lakukan *placing* kolom dan balok pada denah yang telah ditentukan. Hasil *placing* kolom dan balok dapat dilihat pada Gambar 5.89 berikut.



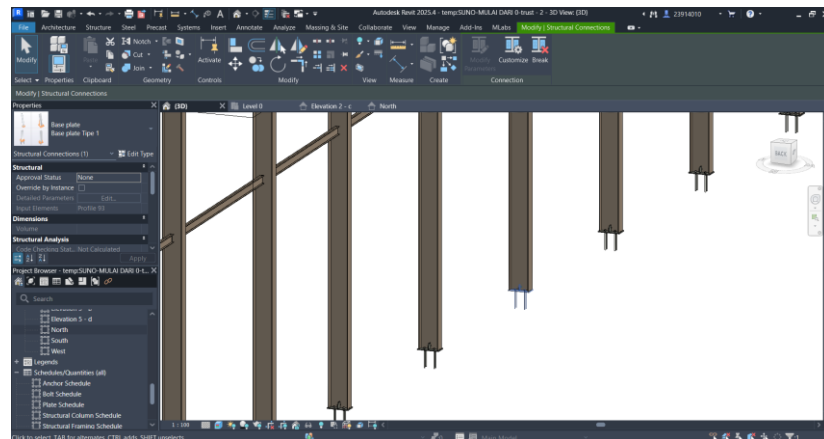
Gambar 5.89 Hasil *Placing Kolom dan Balok*

Kemudian lakukan pemodelan *baseplate* dengan cara klik *Structure*>>*connection* pada *toolbar*. Pilih *baseplate* seperti Gambar 5.90 berikut.



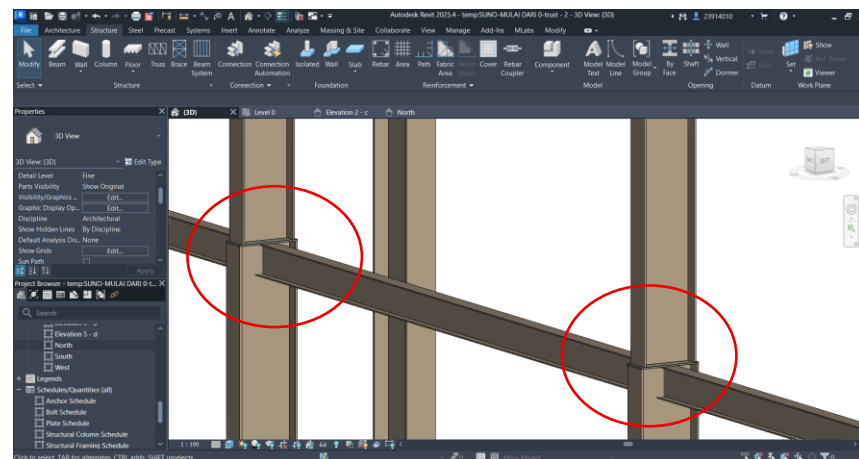
Gambar 5.90 Jendela *Family Connection*

Kemudian lakukan *placing baseplate* pada kolom sesuai dengan denahnya. Hasil *placing baseplate* pada kolom dapat dilihat pada Gambar 5.91 berikut.



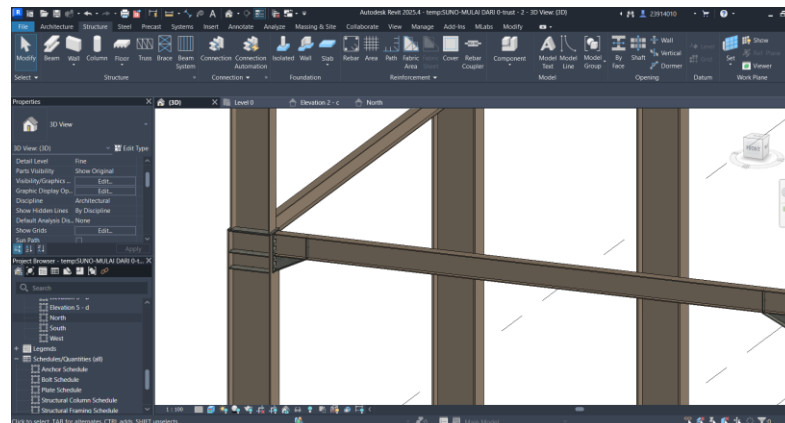
Gambar 5.91 Hasil *Placing Baseplate* pada Kolom

- f. Melakukan pemodelan sambungan pada kolom dan balok. Pada sambungan kolom ke kolom diterapkan sambungan las dengan cara klik *Steel>>plate>>weld*. Sesuaikan dimensi plat untuk membuat sambungan las. Hasil pemodelan sambungan las pada kolom ke kolom dapat dilihat pada Gambar 5.92 berikut.



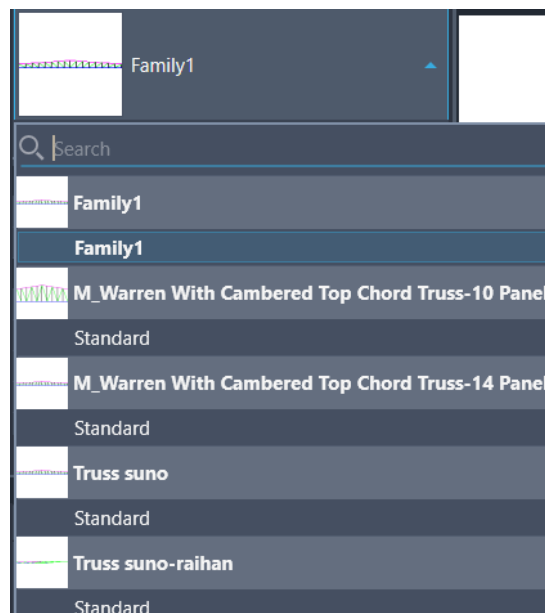
Gambar 5.92 Sambungan pada Kolom ke Kolom

Pada sambungan kolom ke balok lakukan dengan menggunakan “*connection*” dan sesuaikan tipe sambungan yang akan digunakan. Sambungan kolom ke balok pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.93 berikut.



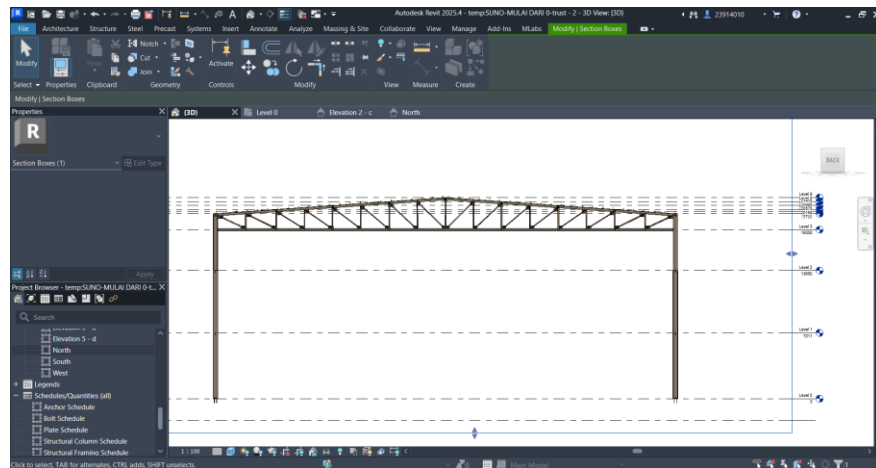
Gambar 5.93 Sambungan pada Kolom Balok

- g. Melakukan pemodelan rangka *truss* dengan cara klik *Structure*>>*truss* pada *toolbar*. Kemudian akan muncul jendela *family truss* seperti pada Gambar 5.94 berikut. Sesuaikan *family truss* dengan dimensi dan properti yang akan digunakan.



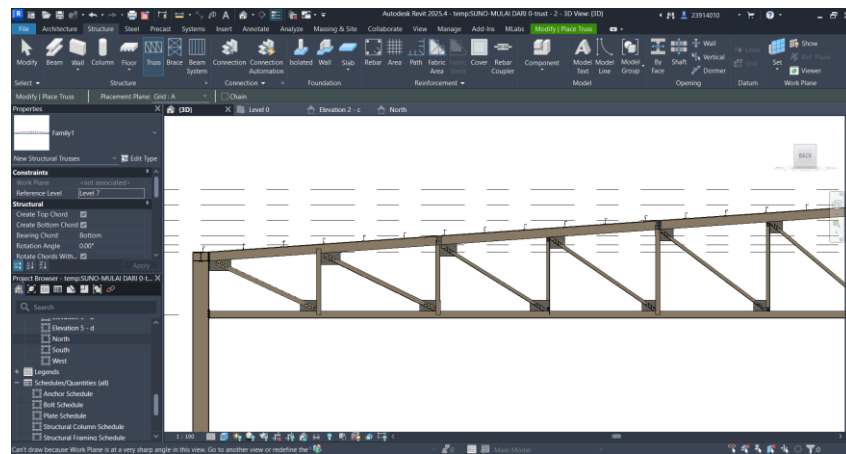
Gambar 5.94 Jendela Family Truss

Kemudian lakukan *placing truss* pada model sesuai dengan denahnya. Hasil *placing truss* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.95 berikut.



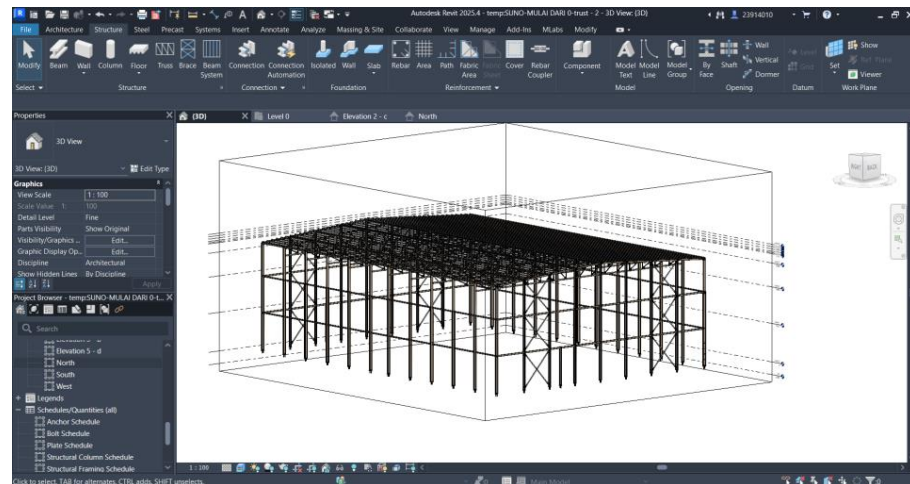
Gambar 5.95 Hasil *Placing Rangka Truss*

- h. Melakukan pemodelan sambungan pada rangka *truss*. Berikut merupakan sambungan pada *rangka truss* dengan cara klik *Structure*>>*connection* pada *toolbar*.



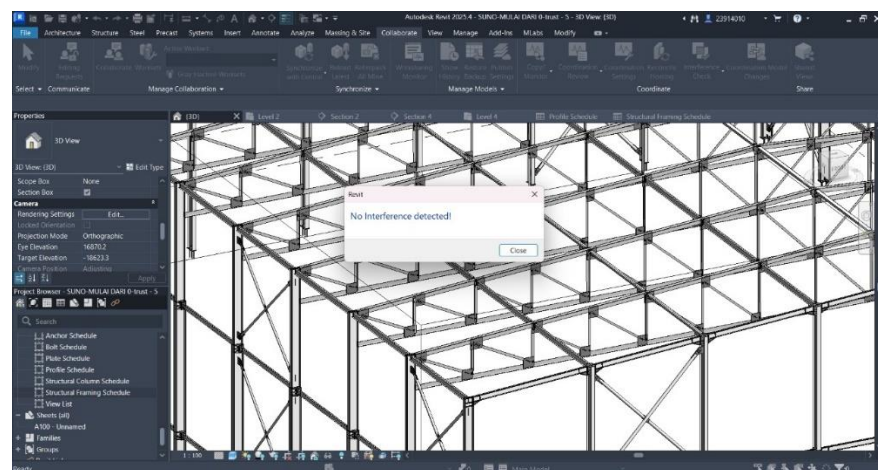
Gambar 5.96 Sambungan pada Rangka *Truss*

- i. Kemudian setelah selesai *modelling* semua tipe profil dan sambungan pada revit maka akan didapatkan hasil model 3D seperti Gambar 5.97 berikut.



Gambar 5.97 Hasil Pemodelan Desain Alternatif

- j. Tahapan terakhir yaitu “*clash detection*” dengan cara klik *collaborate*>>*interference check*. Hasil dari pemeriksaan *clash detection* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.98 sebagai berikut.



Gambar 5.98 Pemeriksaan *Clash Detection*

Berdasarkan Gambar 5.98 di atas dapat disimpulkan bahwa tidak ada *clash* yang terjadi pada model.

Pada penelitian ini, proses analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000, untuk sambungan menggunakan Idea StatiCa sedangkan pemodelan tiga dimensi (3D) bangunan dilakukan menggunakan Autodesk Revit. Kombinasi ketiganya telah mampu

memberikan gambaran yang cukup komprehensif terhadap kondisi eksisting dan alternatif desain struktur. Namun, untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan perangkat lunak TEKLA *Structures* sebagai alat bantu dalam pemodelan sekaligus analisis struktur. TEKLA *Structures* memiliki keunggulan dalam hal pemodelan detail elemen baja secara presisi, mencakup sambungan (*connection*), pelat, baut, dan elemen fabrikasi lainnya yang tidak tersedia secara lengkap pada Revit maupun SAP2000.

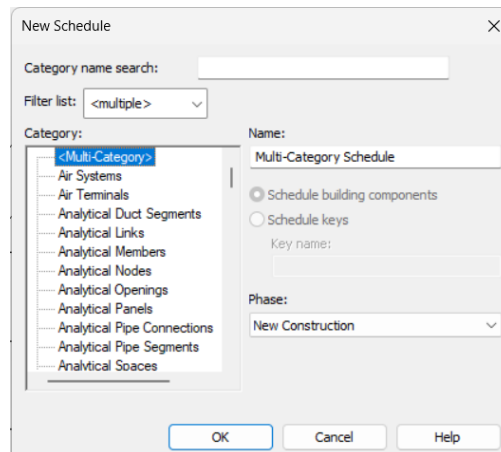
Selain itu, TEKLA mampu menghasilkan model konstruksi berbasis informasi (BIM) yang lebih realistis dan terintegrasi dengan proses fabrikasi serta pelaksanaan konstruksi di lapangan. Dengan demikian, penggunaan TEKLA dapat memberikan nilai tambah dalam akurasi estimasi material, efisiensi waktu konstruksi, dan validitas analisis teknis, sehingga sangat relevan untuk dijadikan alat bantu utama dalam penelitian lanjutan, khususnya pada proyek-proyek dengan dominasi struktur baja.

4. Melakukan Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan Biaya dilakukan dengan bantuan *software* Microsoft Excel dengan langkah-langkah sebagai berikut.

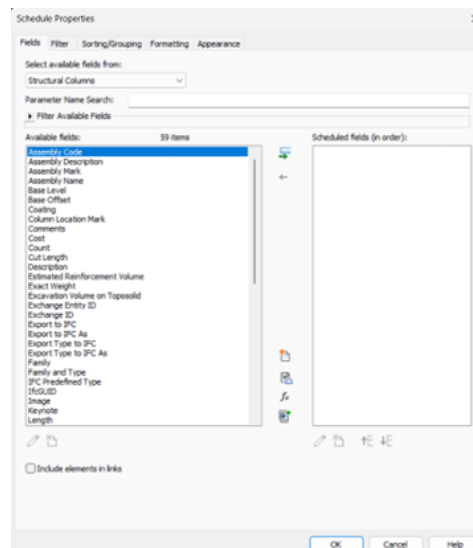
a. Mengeluarkan volume dari revit

- 1) *Quantity take-off material*, dengan menggunakan volume yang secara otomatis dihasilkan oleh Autodesk Revit 2025. Pilih menu *schedule/quantities* pada *toolbar analyze*. Sesuaikan “*category*” dan klik “*ok*”, Setelah itu akan muncul jendela *schedule properties* seperti Gambar 5.99 berikut.



Gambar 5.99 Jendela *New Schedule*

- 2) Pilih parameter yang akan digunakan dengan cara memasukkan parameter dari “*available fields*” ke “*schedule fields*” dengan klik tanda yang dilingkari pada Gambar 5.100 berikut.



Gambar 5.100 Jendela *Schedule Properties*

- 3) Setelah menyesuaikan parameter klik “OK”, dan akan muncul jendela *schedule*.
- 4) Terakhir, *Export schedule* tersebut ke excel dengan cara *export>>report>>schedule*. Sesuaikan nama file dan tentukan lokasi penyimpanan file tersebut.

b. Rekapitulasi Volume Pekerjaan

Dari volume di atas, maka didapatkan rekapitulasi volume seperti Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Volume Desain Alternatif

No	Uraian	Satuan	Panjang (m)	Berat/meter (kg/m)	Volume (kg)	
A	Kolom					
	93	WF 500 x 250 x 10 x 18 / 109.9 kg/m	kg	327.6	109.9	36003.2
	13	WF 500 x 200 x 10 x 16 / 89.6 kg/m	kg	102.56	89.6	9189.45
	15	WF 450 x 200 x 9 x 14 / 76 kg/m	kg	297.14	76	22582.9
	17	WF 400 x 200 x 8 x 13 / 66 kg/m	kg	56.39	66	3721.96
B	Framing					
	79A	L 120 x 120 x 10 / 18.1 kg/m	kg	333.97	18.1	6044.85
	80	L 100 x 100 x 10 / 15.1 kg/m	kg	211.64	15.1	3195.72
	82A	L 90 x 90 x 10 / 13.3 kg/m	kg	362.22	13.3	4817.52
	1/2 13	1/2.WF 500 x 200 x 10 x 16 / 44.8 kg/m	kg	491.2	44.8	22005.7
	1/2 17	1/2.WF 400 x 200 x 8 x 13 / 33 kg/m	kg	548.08	33	18086.6
	1/2 19	1/2.WF 350 x 175 x 7 x 11 / 24.8 kg/m	kg	93.08	24.8	2308.38
	1/2 21	1/2.WF 300 x 150 x 6.5 x 9 / 18.35 kg/m	kg	35.52	18.35	651.792
	23	WF 250 x 125 x 6 x 9 / 29.6 kg/m	kg	678.32	29.6	20078.1
	25	WF 200 x 100 x 5.5 x 8 / 21.3 kg/m	kg	259.91	21.3	5536.08
	108	BSP SCH-40 Ø 6" tebal 7.1 mm / 27.7 kg/m	kg	202.57	27.7	5611.29
	109	BSP SCH-40 Ø 5" tebal 6.6 mm / 21.7 kg/m	kg	202.56	21.7	4395.57
	110	BSP SCH-40 Ø 4" tebal 6 mm / 16 kg/m	kg	200.77	16	3212.26
		TBEAM 300 x 200 / 53kg/m	kg	5.87	53	310.967
C	Pelat dasar, pelat sambung, pelat penutup, pelat pengaku, dll.					
	Pelat	kg				25505.5

c. Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan yang digunakan sesuai dengan harga pada Rencana Anggaran Biaya terkontrak. Harga satuan pekerjaan pada RAB terkontrak dibagi menjadi 2 yaitu harga satuan material dan harga satuan jasa dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 5.22 Harga Satuan Pekerjaan

Uraian Pekerjaan		Sat	Harsat Material (Rp)	Harsat Jasa (Rp)
Pekerjaan Rangka Utama		kg		
1)	Kolom			
a.	93 WF 500 x 250 x 10 x 18 / 109.9 kg/m	kg	16,016	6,200
b.	13 WF 500 x 200 x 10 x 16 / 89.6 kg/m	kg	16,016	6,200
c.	15 WF 450 x 200 x 9 x 14 / 76 kg/m	kg	16,016	6,200
d.	17 WF 400 x 200 x 8 x 13 / 66 kg/m	kg	16,016	6,200
2)	Framing			
a.	79A L 120 x 120 x 10 / 18.1 kg/m	kg	16,016	6,200
b.	80 L 100 x 100 x 10 / 15.1 kg/m	kg	16,016	6,200
c.	82A L 90 x 90 x 10 / 13.3 kg/m	kg	16,016	6,200
d.	1/2.13 1/2.WF 500 x 200 x 10 x 16 / 44.8 kg/m	kg	16,016	6,200
e.	1/2.17 1/2.WF 400 x 200 x 8 x 13 / 33 kg/m	kg	16,016	6,200
f.	1/2.19 1/2.WF 350 x 175 x 7 x 11 / 24.8 kg/m	kg	15,136	6,200
g.	1/2.21 1/2.WF 300 x 150 x 6.5 x 9 / 18.35 kg/m	kg	15,136	6,200
h.	23 WF 250 x 125 x 6 x 9 / 29.6 kg/m	kg	15,136	6,200
i.	25 WF 200 x 100 x 5.5 x 8 / 21.3 kg/m	kg	15,136	6,200
j.	108 BSP SCH-40 Ø 6" tebal 7.1 mm / 27.7 kg/m	kg	16,016	6,200
k.	109 BSP SCH-40 Ø 5" tebal 6.6 mm / 21.7 kg/m	kg	16,016	6,200
l.	110 BSP SCH-40 Ø 4" tebal 6 mm / 16 kg/m	kg	16,016	6,200
m.	TBEAM 300 X 200	kg	16,016	6,200
3)	Pelat dasar, pelat sambung, pelat penutup, pelat pengaku,	kg	16,016	6,200

d. Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan dengan mengalikan volume dengan harga satuan pekerjaan. Rencana anggaran biaya dapat dilihat pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5.23 Rencana Anggaran Biaya Alternatif Terpilih

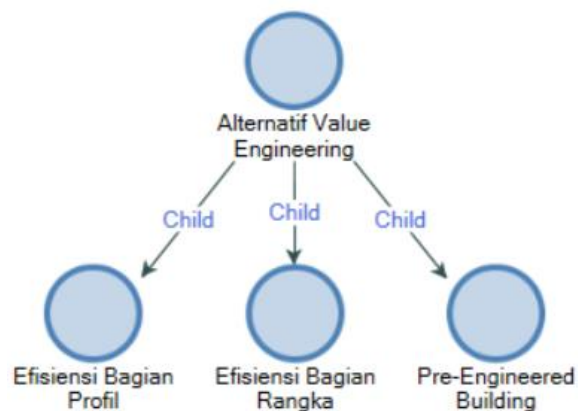
Uraian Pekerjaan		Sat	Volume	VOL	Harsat Material (Rp)	Harsat Jasa (Rp)	Harga Total Material (Rp)	Harga Total Jasa (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Pekerjaan Rangka Utama		kg	193,721.0	193,721.0			3,077,258,394	1,201,070,406	4,278,328,801
1)	Kolom								
a.	93 WF 500 x 250 x 10 x 18 / 109.9 kg/m	kg	36,003.2	36,003.2	16,016	6,200	576,627,892	223,220,088	
b.	13 WF 500 x 200 x 10 x 16 / 89.6 kg/m	kg	9,189.4	9,189.4	16,016	6,200	147,178,228	56,974,589	
c.	15 WF 450 x 200 x 9 x 14 / 76 kg/m	kg	22,582.9	22,582.9	16,016	6,200	361,687,660	140,013,954	
d.	17 WF 400 x 200 x 8 x 13 / 66 kg/m	kg	3,722.0	3,722.0	16,016	6,200	59,610,946	23,076,165	
2)	Framing								
a.	79A L 120 x 120 x 10 / 18.1 kg/m	kg	6,021.5	6,021.5	16,016	6,200	96,440,472	37,333,350	
b.	80 L 100 x 100 x 10 / 15.1 kg/m	kg	3,193.7	3,193.7	16,016	6,200	51,149,498	19,800,630	
c.	82A L 90 x 90 x 10 / 13.3 kg/m	kg	4,814.1	4,814.1	16,016	6,200	77,102,113	29,847,222	
d.	1/2.13 1/2.WF 500 x 200 x 10 x 16 / 44.8 kg/m	kg	22,005.8	22,005.8	16,016	6,200	352,444,252	136,435,712	
e.	1/2.17 1/2.WF 400 x 200 x 8 x 13 / 33 kg/m	kg	18,256.6	18,256.6	16,016	6,200	292,397,545	113,190,858	
f.	1/2.19 1/2.WF 350 x 175 x 7 x 11 / 24.8 kg/m	kg	2,308.4	2,308.4	15,136	6,200	34,939,700	14,311,981	
g.	1/2.21 1/2.WF 300 x 150 x 6.5 x 9 / 18.35 kg/m	kg	651.8	651.8	15,136	6,200	9,865,524	4,041,110	
h.	23 WF 250 x 125 x 6 x 9 / 29.6 kg/m	kg	20,342.0	20,342.0	15,136	6,200	307,896,633	126,120,450	
i.	25 WF 200 x 100 x 5.5 x 8 / 21.3 kg/m	kg	5,536.1	5,536.1	15,136	6,200	83,794,152	34,323,715	
j.	108 BSP SCH-40 Ø 6" tebal 7.1 mm / 27.7 kg/m	kg	5,669.4	5,669.4	16,016	6,200	90,800,454	35,150,026	
k.	109 BSP SCH-40 Ø 5" tebal 6.6 mm / 21.7 kg/m	kg	4,395.6	4,395.6	16,016	6,200	70,399,405	27,252,517	
l.	110 BSP SCH-40 Ø 4" tebal 6 mm / 16 kg/m	kg	3,212.3	3,212.3	16,016	6,200	51,447,545	19,916,008	
m.	TBEAM 300 X 200	kg	311.0	311.0	16,016	6,200	4,980,446	1,927,995	
3)	Pelat dasar, pelat sambung, pelat penutup, pelat pengaku, dll.	kg	25,505.5	25,505.5	16,016	6,200	408,495,928	158,134,038	

5.3.6 Tahap Presentasi

Setelah melalui proses kreatif dan evaluasi, diperoleh tiga alternatif rekomendasi. Melalui penilaian yang komprehensif, alternatif "efisiensi profil" dipilih sebagai solusi terbaik. Berikut merupakan bahasan dari tahap presentasi.

1. Hasil wawancara dengan olah data NVivo12

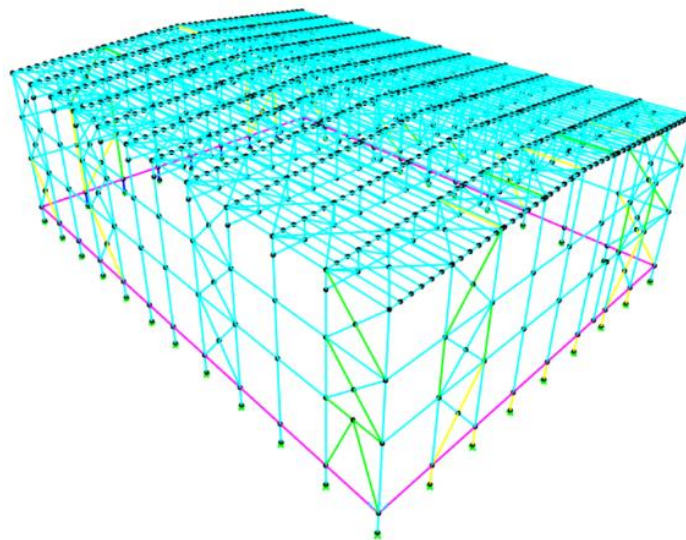
Data wawancara dengan narasumber dianalisis menggunakan perangkat lunak NVivo12. Analisis ini menghasilkan tema-tema utama yang mendukung pemilihan alternatif efisiensi profil, seperti efisiensi biaya, kemudahan pelaksanaan, dan waktu konstruksi. Temuan ini memperkuat dasar pengambilan keputusan secara kualitatif. Hasil analisis kualitatif menggunakan NVivo12 dapat dilihat pada Gambar 5.101 sebagai berikut.



Gambar 5.101 Hasil Analisis Kualitatif dengan NVivo12

2. Hasil Analisis Struktur

Melakukan analisis struktur untuk mengevaluasi performa teknis dari alternatif efisiensi profil. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan struktur tetap terpenuhi, meskipun terdapat pengurangan ukuran profil. Tidak terdapat pelanggaran terhadap batas lendutan, tegangan, dan stabilitas. Hal ini dibuktikan dengan hasil dari analisis SAP2000 seperti Gambar 5.102 berikut.



Gambar 5.102 Hasil Cek Analisis SAP 2000

Dari hasil analisis SAP 2000 pada eksisting dan alternatif didapatkan rasio terbesar masing-masing elemen seperti pada Tabel 5.24 berikut.

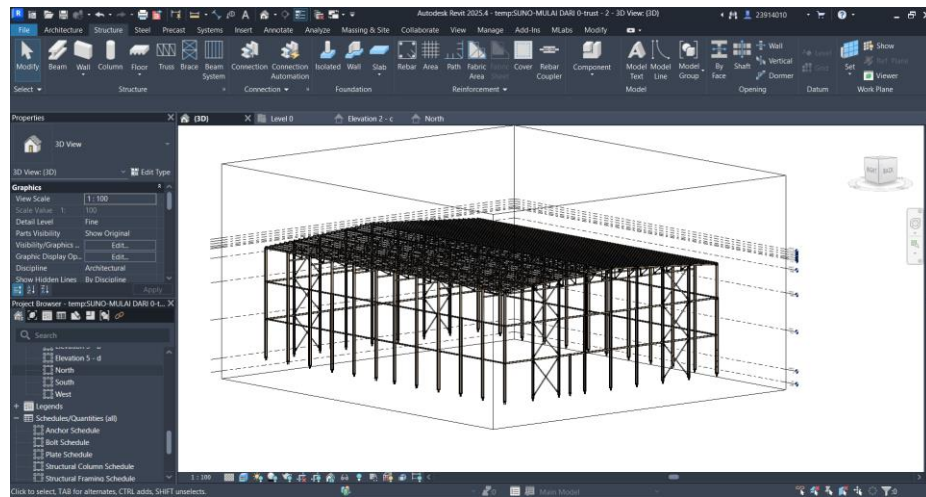
Tabel 5.24 Rasio Keamanan pada Hasil Analisis SAP2000

Elemen	Eksisting	Alternatif
Kolom	0,876	0,769
Balok	0,685	0,887
Bracing	0,94	0,855

Berdasarkan Tabel 5.24 di atas, maka dapat diketahui bahwa hasil analisis pada alternatif masih memenuhi persyaratan ratio AISC360 yaitu sebesar <1

3. Hasil 3D *Modelling*

Penerapan alternatif divisualisasikan dalam bentuk model 3D menggunakan perangkat lunak BIM yaitu Revit 2025. Model menunjukkan bagaimana efisiensi profil dapat diterapkan pada elemen struktur tanpa mengganggu fungsi dan estetika bangunan. 3D *modelling* juga digunakan untuk menampilkan volume model dengan mengeluarkan schedule pada *software*. Hasil dari pemodelan Revit dapat dilihat pada Gambar 5.103 berikut.



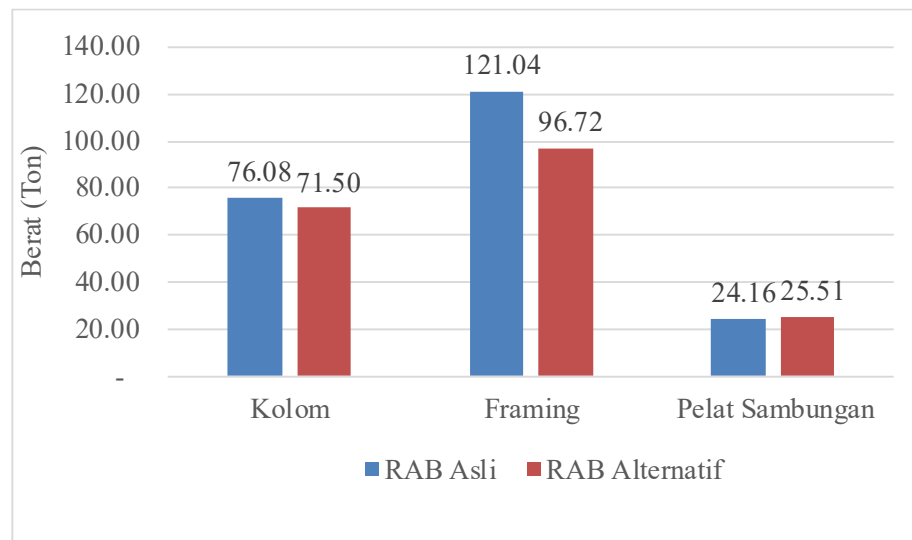
Gambar 5.103 Hasil Pemodelan 3D BIM pada Revit

4. Rencana Anggaran Biaya pada alternatif
 Dilakukan penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan alternatif efisiensi profil. Hasilnya menunjukkan adanya penurunan signifikan pada total biaya pekerjaan struktur atas. Biaya pada alternatif desain dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Rencana Anggaran Biaya Desain Alternatif

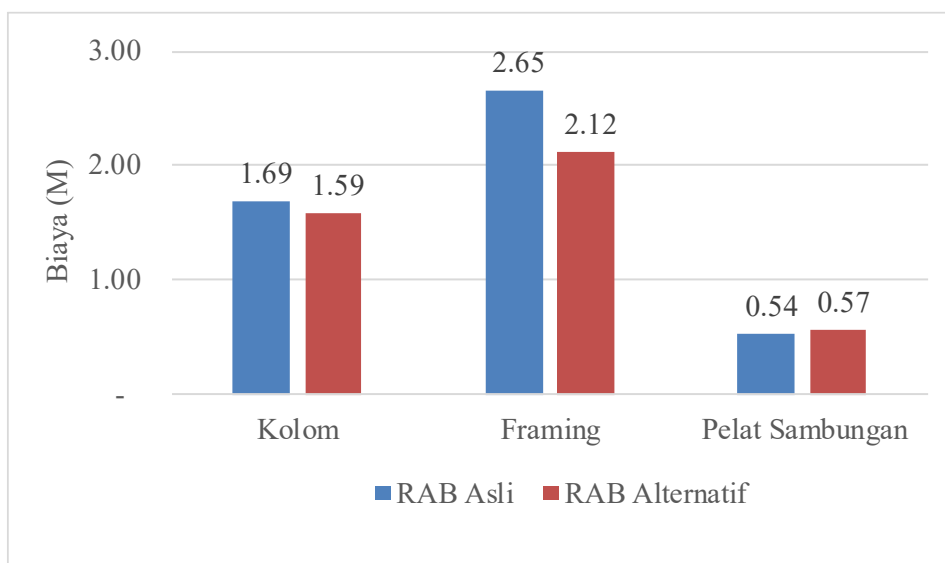
Uraian Pekerjaan	Sat	Volume	VOL	Harsat	Harsat	Harga Total	Harga Total	Jumlah Harga
			(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	
Pekerjaan Rangka Utama	kg	193,721.0	193,721.0			3,077,258,394	1,201,070,406	4,278,328,801
1) Kolom								
a. 93 WF 500 x 250 x 10 x 18 / 109.9 kg/m	kg	36,003.2	36,003.2	16,016	6,200	576,627,892	223,220,088	
b. 13 WF 500 x 200 x 10 x 16 / 89.6 kg/m	kg	9,189.4	9,189.4	16,016	6,200	147,178,228	56,974,589	
c. 15 WF 450 x 200 x 9 x 14 / 76 kg/m	kg	22,582.9	22,582.9	16,016	6,200	361,687,660	140,013,954	
d. 17 WF 400 x 200 x 8 x 13 / 66 kg/m	kg	3,722.0	3,722.0	16,016	6,200	59,610,946	23,076,165	
2) Framing								
a. 79A L 120 x 120 x 10 / 18.1 kg/m	kg	6,021.5	6,021.5	16,016	6,200	96,440,472	37,333,350	
b. 80 L 100 x 100 x 10 / 15.1 kg/m	kg	3,193.7	3,193.7	16,016	6,200	51,149,498	19,800,630	
c. 82A L 90 x 90 x 10 / 13.3 kg/m	kg	4,814.1	4,814.1	16,016	6,200	77,102,113	29,847,222	
d. 1/2.13 1/2.WF 500 x 200 x 10 x 16 / 44.8 kg/m	kg	22,005.8	22,005.8	16,016	6,200	352,444,252	136,435,712	
e. 1/2.17 1/2.WF 400 x 200 x 8 x 13 / 33 kg/m	kg	18,256.6	18,256.6	16,016	6,200	292,397,545	113,190,858	
f. 1/2.19 1/2.WF 350 x 175 x 7 x 11 / 24.8 kg/m	kg	2,308.4	2,308.4	15,136	6,200	34,939,700	14,311,981	
g. 1/2.21 1/2.WF 300 x 150 x 6.5 x 9 / 18.35 kg/m	kg	651.8	651.8	15,136	6,200	9,865,524	4,041,110	
h. 23 WF 250 x 125 x 6 x 9 / 29.6 kg/m	kg	20,342.0	20,342.0	15,136	6,200	307,896,633	126,120,450	
i. 25 WF 200 x 100 x 5.5 x 8 / 21.3 kg/m	kg	5,536.1	5,536.1	15,136	6,200	83,794,152	34,323,715	
j. 108 BSP SCH-40 Ø 6" tebal 7.1 mm / 27.7 kg/m	kg	5,669.4	5,669.4	16,016	6,200	90,800,454	35,150,026	
k. 109 BSP SCH-40 Ø 5" tebal 6.6 mm / 21.7 kg/m	kg	4,395.6	4,395.6	16,016	6,200	70,399,405	27,252,517	
l. 110 BSP SCH-40 Ø 4" tebal 6 mm / 16 kg/m	kg	3,212.3	3,212.3	16,016	6,200	51,447,545	19,916,008	
m. TBEAM 300 X 200	kg	311.0	311.0	16,016	6,200	4,980,446	1,927,995	
3) Pelat dasar, pelat sambung, pelat penutup, pelat penguat, dll.	kg	25,505.5	25,505.5	16,016	6,200	408,495,928	158,134,038	

5. Perbandingan Rencana Anggaran Biaya eksisting dengan alternatif terpilih.
 Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh komparasi antara penggunaan baja pada alternatif terpilih dan kondisi eksisting yang disajikan dalam Gambar 5.104 dan 5.105 berikut.



Gambar 5.104 Komparasi Berat Baja pada Eksisting dan Alternatif

Berdasarkan Gambar 5.104 di atas, terjadi penurunan berat baja untuk kolom dan *framing* dengan persentase penurunan secara berturut-turut 6,40 % dan 24,86%. Namun, terjadi peningkatan pada penggunaan pelat sambungan baja yaitu sebesar 5,29 %. Selanjutnya, komparasi biaya struktur atas eksisting dan alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.105 berikut.



Gambar 5.105 Komparasi Biaya Struktur Atas pada Eksisting dan Alternatif

Melihat potensi penghematan biaya dan efisiensi struktur yang ditunjukkan oleh alternatif terpilih, maka pengembangan terhadap objek penelitian sangat disarankan untuk dilanjutkan pada aspek lain, seperti penjadwalan dan metode konstruksi. Dengan mengintegrasikan pendekatan efisiensi desain ke dalam sistem *Building Information Modeling* (BIM), penelitian selanjutnya dapat mengkaji secara lebih menyeluruh dampak dari desain alternatif terhadap waktu pelaksanaan proyek dan metode konstruksi yang digunakan. Hal ini penting mengingat efisiensi tidak hanya ditentukan oleh aspek biaya dan material, tetapi juga oleh kecepatan pelaksanaan dan kemudahan dalam proses konstruksi di lapangan. Integrasi BIM dalam perencanaan penjadwalan (4D) dan simulasi metode konstruksi akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap kelayakan implementasi desain, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam manajemen proyek konstruksi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis, kondisi eksisting struktur atas pada Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging menunjukkan bahwa pekerjaan struktur atas didominasi oleh penggunaan baja sebagai elemen utama konstruksi. Proyek telah selesai dibangun, dan pelaksanaannya mengacu pada metode konvensional tanpa pemanfaatan teknologi digital seperti BIM secara terintegrasi. Terdapat beberapa elemen profil yang bisa untuk dilakukan efisiensi.
2. Alternatif optimalisasi biaya pada pekerjaan struktur atas berhasil diidentifikasi melalui pendekatan *Value Engineering* yang dikombinasikan dengan *Building Information Modeling* (BIM). Pada penelitian ini didapatkan 3 alternatif yang dapat diterapkan yaitu meliputi efisiensi bagian profil, efisiensi bagian rangka dan penggunaan metode *Pre-Engineered Building*.
3. Setelah dilakukan optimasi biaya menggunakan pendekatan *Value Engineering* dan BIM, diperoleh penurunan biaya pekerjaan struktur atas secara signifikan yaitu sebesar 14,01%. Penurunan ini menunjukkan bahwa pendekatan tersebut efektif dalam menghasilkan keputusan perencanaan yang lebih ekonomis tanpa mengorbankan fungsi dan kualitas struktur, serta memberikan potensi penghematan biaya yang dapat diterapkan pada proyek sejenis di masa mendatang.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran yang dapat dikemukakan untuk pengembangan selanjutnya.

1. Alternatif *Pre-Engineered Building* (PEB) memperoleh skor tertinggi kedua dalam proses evaluasi. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan pengembangan lebih lanjut terhadap alternatif PEB, khususnya dengan dukungan teknologi BIM agar dapat dievaluasi secara lebih komprehensif dari sisi efisiensi biaya
2. Pengembangan terhadap objek yang diteliti yaitu penjadwalan dan metode konstruksi dengan integrasi BIM.
3. Analisis menggunakan perangkat lunak TEKLA *Structures* dalam proses pemodelan dan perhitungan. TEKLA dirancang khusus untuk pemodelan struktur baja secara detail, termasuk sambungan, fabrikasi, serta integrasi dengan analisis struktural, sehingga akan memberikan hasil yang lebih akurat dan mendekati kondisi lapangan dalam proyek struktur baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelalim, A. M., Elhakeem, A., Alnaser, A. A., Shibeika, A., & Elsayed, A. M. (2024). VEIDEA: A Comprehensive Framework for Implementing Building Information Modeling-Based Value Engineering Within a Common Data Environment in Construction Projects. *Applied Sciences*, *14*(21), 9807. <https://doi.org/10.3390/app14219807>
- Al-Ashmori, Y. Y., Othman, I., Rahmawati, Y., Amran, Y. H. M., Sabah, S. H. A., Rafindadi, A. D., & Mikić, M. (2020). BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, *11*(4), 1013–1019. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.02.002>
- Aliya Syariati, L., Maskur, A., & Saepudin, U. (2023). *Analisis Perbandingan Struktur dan Biaya Antara Konstruksi Baja dan Beton Bertulang*. 164. <https://doi.org/10.31949/stima.v7i0.977>
- Altaf, M., Alaloul, W. S., Khan, S., Liew, M. S., Musarat, M. A., & Mohsen, A. A. (2021). Value Analysis in Construction Projects with BIM implementation: A Systematic Review. *2021 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA)*, 51–56. <https://doi.org/10.1109/DASA53625.2021.9682253>
- Atadsteel. (2023). *Pengenalan Struktur Baja*. <https://atad.vn/id/pengenalan-struktur-baja/>
- Autodesk. (2024, April 16). *The Evolution of BIM Dimensions: 3D, 4D, 5D & Beyond*. <https://www.autodesk.com/blogs/construction/bim-dimensions/>
- Baarimah, A. O., Alaloul, W. S., Liew, M. S., Al-Aidrous, A. H. M. H., Alawag, A. M., & Musarat, M. A. (2021a). Integration of Building Information Modeling (BIM) and Value Engineering in Construction Projects: A Bibliometric Analysis. *2021 3rd International Sustainability and Resilience Conference: Climate Change*, 362–367. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF53624.2021.9668045>

- Baarimah, A. O., Alaloul, W. S., Liew, M. S., Al-Aidrous, A.-H. M. H., Alawag, A. M., & Musarat, M. A. (2021b). Integration of Building Information Modeling (BIM) and Value Engineering in Construction Projects: A Bibliometric Analysis. *2021 Third International Sustainability and Resilience Conference: Climate Change*, 362–367. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF53624.2021.9668045>
- Biglar, M., Aftabi, M., Hosseini, S., Rahimi, B., & Zohrabi, M. (2023). Value engineering and its application in the Tehran-Shomal freeway project. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1249(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1249/1/012020>
- Bouguerra, K., Yaik-Wah, L., & Ali, K. N. (2020). A Preliminary Implementation Framework of Building Information Modelling (BIM) in the Algerian AEC Industry. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 7(3), 59–68. <https://doi.org/10.11113/ijbes.v7.n3.554>
- 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>
- Creswell, J. W. (2014). *Creswell-ResearchDesign* (4 ed.).
- Dollah, S., Abduh, A., & Rosmaladewi. (2017). Benefits and Drawbacks of NVivo QSR Application. *2nd International Conference on Education, Science, and Technology (ICEST 2017)*, 61–63. <https://doi.org/10.2991/icest-17.2017.21>
- 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>
- Ferry, & Indrastuti. (2020). Penerapan Building Information Modelling (BIM) pada Proyek Pembangunan Workshop (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Workshop Kapal di Sekupang). *Journal of Civil Engineering and Planning*, 1(1), 7–15.
- Hanggara, H. N., & Nurchasanah, Y. (2023). *Implementasi Building Information Modeling (Bim) Dalam Analisis Struktur Menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional Untuk Mengoptimalkan Value Engineering*.

- Hittah, L. A. (2007). *Konsep Pemilihan Struktur*.
- IDEA StatiCa. (2025). *Avoid Overdesigned Connections*.
<https://www.ideastatica.com/connection-design>
- Jaya, A. A. I., Nugraheni, F., & AM, F. (2019). *Penerapan Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi kasus Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksa Inspektor Daerah Sleman)*. Universitas Islam Indonesia.
- KemenPUPR. (2018). *Modul 5 Pemodelan 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D serta Simulasinya dan Level Of Development (LOD)*.
- Kementerian ESDM. (2022). *Atlas Tapak Lokal (Vs30) Indonesia* (1 ed.).
- KementrianPUPR. (2024). *Desain Spektra Indonesia*.
<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/index.php?pga=0.3883&ss=0.8278&s1=0.3882&tl=20&kelas=2#grafik>
- Latif, M. A., & Ghazali, Z. A. (2019). Value management / value engineering (VM/VE) application in Malaysian public construction projects: application of VM/VE study improved roads project sustainability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 512, 012046.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012046>
- Li, X., Wang, C., & Alashwal, A. (2021). Case Study on BIM and Value Engineering Integration for Construction Cost Control. *Advances in Civil Engineering, 2021*. <https://doi.org/10.1155/2021/8849303>
- M. Alsamarraie, M., Balasbaneh, A. T., & Ghazali, F. (2022). Evaluation Of 3RS Concept For Sustainable Steel Waste Disposal: Control Strategy. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 34(1), 11–17.
<https://doi.org/10.11113/mjce.v34.17545>
- Mohamed, A. G., Alqahtani, F. K., Ismail, E. R., & Nabawy, M. (2024). Synergizing BIM and Value Engineering in the Construction of Residential Projects: A Novel Integration Framework. *Buildings*, 14(8).
<https://doi.org/10.3390/buildings14082515>
- Novyanti, & Alinurudin. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Brainstorming terhadap Sikap Percaya Diri Siswa Pada Pelajaran PPKN. *Jurnal Instruksional*, 2, 112–117.

- Nugroho, S. W., Pujotomo, D., & Gitakusuma, A. (2023). *Aplikasi Value Engineering Untuk Mengatasi Value Problem Pada Produk Foodcart Studi Kasus Di Master Gerobak*.
- Pant, S., Kumar, A., Ram, M., Klochkov, Y., & Sharma, H. K. (2022). Consistency Indices in Analytic Hierarchy Process: A Review. *Mathematics*, *10*(8), 1206. <https://doi.org/10.3390/math10081206>
- Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, Pub. L. No. Pub. L. No. SKBI-1.3.53. (1987). <https://www.scribd.com/document/697581264/Pedoman-Perencanaan-Ketahanan-Gempa-untuk-Rumah-dan-Gedung-SKBI-1-3-53-1987-1>
- Polimdo Engineering. (2025, Maret 12). *Tutorial Software IDEA Statica* [Broadcast]. <https://www.youtube.com/watch?v=81M7MVN1HM0>
- Pustaka. (2024). *Value Engineering (VE) - Pengertian, Karakteristik, Aspek dan Tahapan*.
- QSR International. (2025). *NVivo 15 - The Most Trusted Qualitative Analysis Software (QDA) is Even Better*. Lumivero. <https://lumivero.com/products/nvivo/>
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2022). *Models, Methods, Concept & Applications of the Analytical Hierarchy Process* (F. S. Hillier & C. C. Price, Ed.; Second Edition, Vol. 175). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>
- Saputro, I. A. (2023). *Penerapan Value Engineering Pada Pekerjaan Fondasi Gedung (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY)*. Universitas Islam Indonesia.
- SAVE International Value Standard. (1999). *Standard Practice for Performing Value Engineering (VE)/Value Analysis (VA) of Projects, Products and Processes*. <https://store.astm.org/e1699-14r20.html>
- 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>

- Sun, W. (2023). Discussion on the Difficulties and Countermeasures of Steel Structure Construction Technology in Building Engineering. *Engineering Advances*, 3(3), 250–254. <https://doi.org/10.26855/ea.2023.06.019>
- Suweda, I. R. (2023, Januari 3). *10 Fitur Penting SAP2000 untuk Analisis Struktur Bangunan*. Inpetra. <https://www.inpetra.id/10-fitur-penting-sap2000-untuk-analisis-struktur-bangunan/#:~:text=Dapat%20menampilkan%20hasil%20analisis%20secara,menentukan%20tindakan%20yang%20perlu%20dilakukan.>
- Thoengsal, I. J. (2023). *Penerapan Metode Value Engineering (VE) Pada Proyek Konstruksi*. www.insightmediatama.co.id
- Waqar, A., Othman, I., Hayat, S., Radu, D., Khan, M., Galatanu, T., Almujiyah, H., Hadzima-Nyarko, M., & Benjeddou, O. (2023). Building Information Modeling—Empowering Construction Projects with End-to-End Life Cycle Management. *Buildings*, 13(8), 2041. <https://doi.org/10.3390/buildings13082041>
- Wijaya, D., Fauzan, F., Fuk, D., & Oei, J. (2024). Manfaat dan Hambatan Dalam Penerapan Building Information Modelling (BIM). *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(2), 435–442.
- Yepes, V., & López, S. (2021). Knowledge Management In The Construction Industry: Current State Of Knowledge And Future Research. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 27(8), 671–680. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.16006>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Konsultasi Tesis



LEMBAR KONSULTASI TESIS

Nama Mahasiswa : Hasnaa Anggia Agustina
 NIM : 23914010
 Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
 Semester/Tahun : Ganjil/2025
 Topik Tesis : Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM dan *Value Engineering* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging)

Hasil konsultasi tesis dapat kami laporkan sebagai berikut :

TANGGAL KONSULTASI	CATATAN DOSEN PEMBIMBING
23 Desember 2024	Penentuan topik tesis terkait BIM dan pengarahannya untuk penambahan <i>Value Engineering</i> . Pembahasan latar belakang serta tujuan penelitian. Substansi tesis ini mencakup penyusunan alternatif desain, pemodelan 3D, estimasi biaya, serta perbandingan antara kondisi eksisting dan hasil rekomendasi VE yang divisualisasikan dan dianalisis melalui platform BIM.

*) Form ini bisa dicopy

Mengetahui,

(Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 23 Desember 2024
 Mahasiswa,

(Hasnaa Anggia Agustina)



LEMBAR KONSULTASI TESIS

Nama Mahasiswa : Hasnaa Anggia Agustina
 NIM : 23914010
 Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
 Semester/Tahun : Ganjil/2025
 Topik Tesis : Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM dan *Value Engineering* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging)

Hasil konsultasi tesis dapat kami laporkan sebagai berikut :

TANGGAL KONSULTASI	CATATAN DOSEN PEMBIMBING
14 Januari 2025	Pembuatan dan membahas draft proposal, terakait dengan beberapa penyesuain latar belakang, pengurangan landasan teori (ditulis hanya yang digunakan saja pada penelitian), pemantapan metode penelitian, serta rencana penelitian. Memberikan arahan untuk metode "wawancara" dilakukan olah data kualitatif menggunakan software "NVivo"

*) Form ini bisa dicopy

Mengetahui,

(Setya Winandono, S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 14 Januari 2025
 Mahasiswa,

(Hasnaa Anggia Agustina)

LEMBAR KONSULTASI TESIS

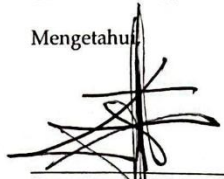
Nama Mahasiswa : Hasnaa Anggia Agustina
 NIM : 23914010
 Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
 Semester/Tahun : Ganjil/2025
 Topik Tesis : Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM dan *Value Engineering* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging)

Hasil konsultasi tesis dapat kami laporkan sebagai berikut :

TANGGAL KONSULTASI	CATATAN DOSEN PEMBIMBING
30 Januari 2025	Mengirim naskah MS Word Proposal Tesis, PowerPoint untuk presentasi SemPro dengan tambahan uraian uji coba dg Data Dummy bentuk penguatan terhadap kelayakan metode yang digunakan, ditambahkan pula uraian uji coba awal menggunakan data dummy. Uji coba ini bertujuan untuk menggambarkan alur analisis, mengevaluasi kesiapan data, serta memastikan bahwa metode penelitian dapat diterapkan dengan baik sesuai konteks permasalahan yang diangkat dalam tesis.

*) Form ini bisa dicopy

Mengetahui


 (Setya Winarso, S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 30 Januari 2025
Mahasiswa,


 (Hasnaa Anggia Agustina)

LEMBAR KONSULTASI TESIS

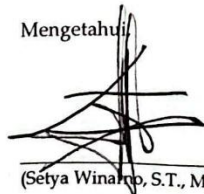
Nama Mahasiswa : Hasnaa Anggia Agustina
 NIM : 23914010
 Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
 Semester/Tahun : Ganjil/2025
 Topik Tesis : Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM dan *Value Engineering* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging)

Hasil konsultasi tesis dapat kami laporkan sebagai berikut :


TANGGAL KONSULTASI	CATATAN DOSEN PEMBIMBING
27 Februari 2025	Mengembangkan hasil olah data NVivo dengan membuat <i>coding</i> dan <i>Mind map</i> . Proses pengoperasian NVivo dipelajari secara mandiri melalui panduan video di YouTube serta diperkuat dengan mengikuti pelatihan NVivo yang diselenggarakan pada tanggal 19 Februari 2025, sehingga pemahaman terhadap fitur-fitur utama seperti <i>coding</i> dan visualisasi dapat diterapkan secara optimal dalam analisis data tesis ini.

*) Form ini bisa dicopy

Mengetahui


 (Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 27 Februari 2025
Mahasiswa,


 (Hasnaa Anggia Agustina)

LEMBAR KONSULTASI TESIS

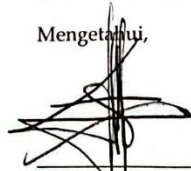
Nama Mahasiswa : Hasnaa Anggia Agustina
 NIM : 23914010
 Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
 Semester/Tahun : Ganjil/2025
 Topik Tesis : Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM dan *Value Engineering* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging)

Hasil konsultasi tesis dapat kami laporkan sebagai berikut :

TANGGAL KONSULTASI	CATATAN DOSEN PEMBIMBING
14 maret 2025	Perbaiki naskah sesuai hasil seminar proposal, Revisi mencakup beberapa aspek penting, antara lain penambahan rumusan masalah yang lebih spesifik dan terarah, guna memperjelas fokus penelitian serta memperkuat keterkaitannya dengan tujuan yang ingin dicapai. Selain itu, dilakukan penyesuaian pada bagian latar belakang agar lebih selaras dengan isu inti yang diangkat dalam rumusan masalah dan mencerminkan urgensi serta relevansi topik penelitian. Bagan alir penelitian juga direvisi untuk menggambarkan alur kegiatan secara lebih sistematis dan logis, mulai dari tahap awal hingga akhir penelitian. Tidak hanya itu, metode yang digunakan turut ditetapkan secara lebih tegas, dengan uraian yang mencakup pendekatan, teknik pengumpulan dan analisis data, serta justifikasi pemilihan metode tersebut berdasarkan referensi yang relevan.

*) Form ini bisa dicopy

Mengetahui,



(Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 14 maret 2025
Mahasiswa,



(Hasnaa Anggia Agustina)



LEMBAR KONSULTASI TESIS

Nama Mahasiswa : Hasnaa Anggia Agustina
 NIM : 23914010
 Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
 Semester/Tahun : Genap/2025
 Topik Tesis : Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM dan *Value Engineering* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging)

Hasil konsultasi tesis dapat kami laporkan sebagai berikut :

TANGGAL KONSULTASI	CATATAN DOSEN PEMBIMBING
17 Juni 2025	Memberikan referensi berupa paper dan journal terkait alternatif efisiensi baja. Referensi tersebut digunakan untuk memperkuat dasar teoritis dan pembandingan teknis terhadap solusi yang diusulkan dalam proyek. Literatur yang dikumpulkan mencakup topik-topik seperti penghematan material baja melalui optimalisasi profil, efisiensi desain sambungan, serta penerapan <i>Value Engineering</i> pada struktur baja. Diharapkan dapat menyelesaikan pemodelan 3D BIM serta progress analisis struktur

*) Form ini bisa dicopy

Mengetahui,

(Setya Wiharno, S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 17 Juni 2025
 Mahasiswa,

(Hasnaa Anggia Agustina)



LEMBAR KONSULTASI TESIS

Nama Mahasiswa : Hasnaa Anggia Agustina
 NIM : 23914010
 Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
 Semester/Tahun : Genap/2025
 Topik Tesis : Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM dan *Value Engineering* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging)

Hasil konsultasi tesis dapat kami laporkan sebagai berikut :

TANGGAL KONSULTASI	CATATAN DOSEN PEMBIMBING
16 Juli 2025	Penyesuaian hasil penelitian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh temuan yang diperoleh selaras dengan rumusan masalah, tujuan penelitian, dan metodologi yang digunakan. Hal ini mencakup penyempurnaan interpretasi data, revisi berdasarkan masukan pembimbing, serta perbaikan visualisasi data seperti tabel, grafik, dan gambar pendukung. Selain itu, pengecekan format laporan juga menjadi bagian penting agar seluruh dokumen sesuai dengan pedoman penulisan yang berlaku, mencakup keseragaman jenis dan ukuran huruf, margin, spasi, penomoran halaman, serta struktur sistematika laporan. Pada aspek pengutipan, dilakukan penelusuran ulang terhadap seluruh kutipan langsung maupun tidak langsung untuk memastikan kesesuaian dengan gaya penulisan sitasi yang digunakan serta keterhubungan antara kutipan dan daftar pustaka.

*) Form ini bisa dicopy

Mengetahui,

(Setya Winarna, S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 16 Juli 2025
 Mahasiswa,

(Hasnaa Anggia Agustina)



PROGRAM
MAGISTER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

LEMBAR KONSULTASI TESIS

Nama Mahasiswa : Hasnaa Anggia Agustina
 NIM : 23914010
 Konsentrasi : Manajemen Konstruksi
 Semester/Tahun : Genap/2025
 Topik Tesis : Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan BIM dan *Value Engineering* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gudang PT Supernova Flexible Packaging)

Hasil konsultasi tesis dapat kami laporkan sebagai berikut :

TANGGAL KONSULTASI	CATATAN DOSEN PEMBIMBING
21 Juli 2025	Mengirim naskah PDF draft Tesis, yang mencakup keseluruhan isi tesis, dimulai dari halaman judul, lembar pengesahan, abstrak, kata pengantar, daftar isi, hingga isi bab per bab dan lampiran. Pengecekan menyeluruh dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh bagian telah tersusun secara sistematis dan sesuai dengan pedoman penulisan yang berlaku. Pemeriksaan mencakup aspek substansi, konsistensi format, kesesuaian kutipan dan daftar pustaka, serta kelengkapan elemen-elemen penunjang seperti tabel, gambar, dan lampiran data. Evaluasi terhadap progres keseluruhan dilakukan untuk melihat sejauh mana laporan telah disusun secara utuh, baik dari segi isi maupun administratif, sehingga dapat dipastikan kesiapan laporan menuju tahap akhir seperti seminar hasil dan pendadaran.

*) Form ini bisa dicopy

Mengetahui


(Setya Winarno, S.T., M.T., Ph.D.)

Yogyakarta, 21 Juli 2025
Mahasiswa,

(Hasnaa Anggia Agustina)

Lampiran 2 Data Responden

DATA RESPONDEN	
Nama	: ASTRIANA HARDAWATI
Pekerjaan	:
Instansi	:
Pengalaman Kerja	: 9 Tahun
Pendidikan	: S2

Responden,

(..... ASTRIANA HARDAWATI))

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murahnya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	3			
Ketersediaan Material	1	1/3		
Sistem Struktur	1	1	3	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan FEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrik PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrik PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : M. Irfan Marasabesy

Pekerjaan :

Instansi :

Pengalaman Kerja : 7 Tahun

Pendidikan : S2

Responden,


(.....M. Irfan Marasabesy)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murahnya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	1			
Ketersediaan Material	1/5	1		
Sistem Struktur	1/3	1	2	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan FEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	②	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	③	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	③	4	

↳ Tersantung ukuran. Jika > 5000 m² bisa lebih murah.

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	①	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	③	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	②	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : ANGGIT MAS ARIFUDIN


Pekerjaan :

Instansi :

Pengalaman Kerja : 10 Tahun

Pendidikan : S2

Responden,


(..... ANGGIT MAS A)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murahnya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	1			
Ketersediaan Material	3	3		
Sistem Struktur	3	5	4	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan FEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	③	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	④	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	②	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	③	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	④	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	④	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	③	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	③	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	④	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	③	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	④	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	③	4	

DATA RESPONDEN

Nama : TRIO GATI

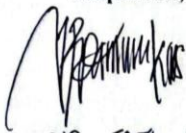
Pekerjaan : ENGINEER (KONTRAKTOR)

Instansi :

Pengalaman Kerja : 1,5 Tahun

Pendidikan : SI

Responden,


(.....TRIO GATI.....P.P.....)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murah nya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	2			
Ketersediaan Material	1	1/3		
Sistem Struktur	1	1	3	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.
Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	③	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	②	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	②	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	③	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	④	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	③	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	④	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	③	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	③	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	③	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	④	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	③	4	

DATA RESPONDEN

Nama : ..Muhammad Arkam Mussadat.....

Pekerjaan : ..Kontraktor.....

Instansi : ..PT Indonesia Xin Hai Steel Structure.....

Pengalaman Kerja : ..1..... **Tahun**

Pendidikan : ..S1.....

Responden,



M. Arkam. M

(.....)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murahnya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan
Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	3			
Ketersediaan Material	1	1/3		
Sistem Struktur	3	2	5	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : Muhammad Naufal Widodo

Pekerjaan :

Instansi :

Pengalaman Kerja : 5 Tahun

Pendidikan : S2

Responden,



(..... Muhammad Naufal Widodo.....)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murahnya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan
Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	2			
Ketersediaan Material	3	1/3		
Sistem Struktur	3	1	3	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.
Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : **Muhammad Fadlan Alhamid**

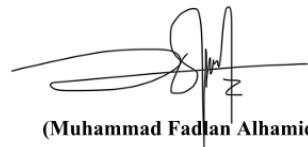
Pekerjaan : **Konsultan Perencana**

Instansi : **Pola Data Consultant**

Pengalaman Kerja : **3** **Tahun**

Pendidikan : **Magister Teknik Sipil**

Responden,



(Muhammad Fadlan Alhamid)

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.
Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan
Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	1			
Ketersediaan Material	5	1		
Sistem Struktur	3	1	1	

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murahnya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya				
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	1	2	3	4	Mahal
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya	1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga	1	2	3	4	
					Murah

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi				
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	1	2	3	4	Sedikit
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya	1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga	1	2	3	4	
					Banyak

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : Raihan Prasetyawan Ardiansyah

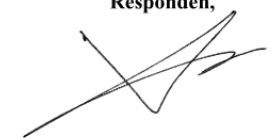
Pekerjaan : Konsultan Perencana

Instansi : PT. Pola Data Consultant (PDC)

Pengalaman Kerja : 2,5 Tahun

Pendidikan : S1 Teknik Sipil

Responden,



(Raihan Prasetyawan Ardiansyah)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murahnya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan
Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	2			
Ketersediaan Material	3	1/3		
Sistem Struktur	3	1	1	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : Muhammad Zateki Rizal Hidayat.


Pekerjaan : Konsultan Perencanaan

Instansi : PT. Pda Data Consultant (PDC)

Pengalaman Kerja : 3 (Tiga) Tahun

Pendidikan : S1 Teknik Sipil.

Responden,


(..Muhammad Zateki Rizal..)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murah nya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	1			
Ketersediaan Material	1/3	1		
Sistem Struktur	1	1	3	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom		1	2	3	4	
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya				
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	1	2	3	4	Mahal Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya	1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga	1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi				
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	1	2	3	4	Sedikit Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya	1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga	1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : Frindika Ahmad Dwi S.

Pekerjaan : Kontraktor

Instansi : PT. Indonesia Xin Hai Steel Structure

Pengalaman Kerja : 1 Tahun

Pendidikan : S1 Teknik Sipil

Responden,



(FRINDIKA A.P.S)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murahnya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	2			
Ketersediaan Material	3	1		
Sistem Struktur	1	1	3	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.
Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : Elzan Faizal Hudha
Pekerjaan : Kontraktor
Instansi : PT Indonesia Xin Hai Steel Structure
Pengalaman Kerja : 1,5 Tahun
Pendidikan : S1

Responden,


(.....
Elzan Faizal Hudha
.....)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murah nya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	3			
Ketersediaan Material	3	$\frac{1}{3}$		
Sistem Struktur	5	5	3	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.
Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian
Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	


4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : Wahyu Nur Rahman
Pekerjaan : Staf Struktur
Instansi : PT Pola Data Consultant
Pengalaman Kerja : 1,5 Tahun
Pendidikan : SI Teknik Sipil

Responden,


(..... Wahyu Nur P.)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murah nya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	1			
Ketersediaan Material	1	1		
Sistem Struktur	1	1	1 1	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.
Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
	1	2	3	4		
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	(2)	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	(4)	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	(4)	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
	1	2	3	4		
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	(3)	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	(4)	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		(1)	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : Dafri Albasher

Pekerjaan : Site Engineer

Instansi : PT. Indonesia Xinhai Steel Structure

Pengalaman Kerja : 2 Tahun

Pendidikan : S1 Teknik Sipil

Responden,



(Dafri Albasher)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murah nya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	7			
Ketersediaan Material	5	4		
Sistem Struktur	9	8	6	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrik PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : M. Kevin Fadhilul Ayzam

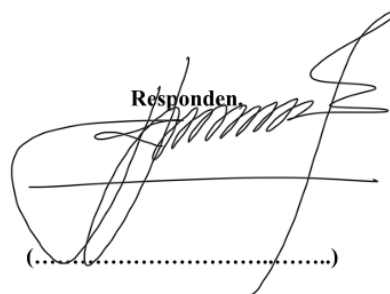
Pekerjaan : Kontraktor

Instansi : -

Pengalaman Kerja : 2,3 **Tahun**

Pendidikan : S1 Teknik Sipil

Responden,



(.....)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murah nya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	2			
Ketersediaan Material	3	5		
Sistem Struktur	3	5	9	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrik PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian

Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

DATA RESPONDEN

Nama : Whisnu Wikan Wicaksono M.


Pekerjaan : Konsultan

Instansi : PT Atrya Swascripta Rekayasa

Pengalaman Kerja : 2 Tahun

Pendidikan : S1 Teknik Sipil

Responden,


(.....)

A. ANALISIS PERBANDINGAN BERPASANGAN

Petunjuk Pengisian Form

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian atau *judgement* pada matrik perbandingan berpasangan untuk mengetahui intensitas kepentingan antara dua kriteria terhadap tujuan dari *value engineering* dan memberikan.
2. Dalam memberikan penilaian intensitas kepentingan mengacu pada tabel berikut.

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen memiliki kepentingan yang sama	Kedua elemen memberikan sumbangan yang sama terhadap sifat tersebut
3	Elemen pertama memiliki Tingkat kepentingan lebih sedikit dari elemen kedua.	Berdasarkan pengalaman lebih sedikit mendukung atau memihak elemen pertama
5	Elemen pertama jelas sangat penting jika dibandingkan dengan elemen kedua	Berdasarkan pertimbangan serta pengalaman menuntukkan dengan kuat berpihak kepada satu elemen
7	Satu elemen jelas sangat lebih penting jika dibandingkan dengan elemen lain	Dalam praktek sudah terlihat bahwa satu elemen secara kuat lebih mendominasi dan disukai
9	Elemen pertama mutlak memiliki kepentingan yang lebih jika dibanding elemen kedua	Elemen pertama memiliki penegasan tertinggi bahwa elemen tersebut lebih penting
2, 4, 6, 8	Skala antara dua nilai apabila terjadi keraguan	Apabila kompromi perlu diberikan terhadap dua pertimbangan
Kebalikan 1/(2-9)	Apabila kriteria i mendapatkan nilai terhadap kriteria j, maka j memiliki nilai kebalikan jika dibanding dengan i.	

3. Daftar Kriteria Struktur Baja

No	Kriteria	Keterangan
1	Biaya	Mahal atau murah nya yang dikeluarkan dalam proses pelaksanaan
2	Pengetahuan Praktisi	Pengetahuan praktisi terhadap metode yang digunakan
3	Ketersediaan Material	Mudah atau sulitnya dalam mendapatkan material yang diperlukan untuk pelaksanaan metode tersebut
4	Sistem Struktur	Menilai seberapa sesuai sistem struktur yang digunakan pada lokasi dan kondisi geografis di Indonesia mampu menjaga ketahanan jangka panjang

4. Dalam melakukan perbandingan selalu bandingkan kriteria yang berada pada kolom paling kiri terhadap kriteria pada baris paling atas.
5. Penilaian cukup diberikan pada tabel yang tersedia

Contoh :

Kriteria	A	B	C	D
A				
B	1			
C	4	9		
D	1/5	5	2	

Form Penilaian Perbandingan Berpasangan

Bangunan struktur Baja

Kriteria	Biaya	Pengetahuan Praktisi	Ketersediaan Material	Sistem Struktur
Biaya				
Pengetahuan Praktisi	3			
Ketersediaan Material	3	5		
Sistem Struktur	1	3	1	

B. ANALISIS KEUNTUNGAN DAN KERUGIAN

Petunjuk Pengisian

1. Pada kuesioner ini Bapak/Ibu/Saudar/i akan diminta untuk memberikan penilaian terhadap keuntungan dan kerugian dari alternatif dalam penerapan value engineering yang ada.
2. Penilaian dapat dilakukan dengan melingkari skor yang dipilih pada tabel yang tersedia.

Contoh Pengisian:

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema : • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrik PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Matrik Penilaian

Mahal	1	2	3	4	Murah
-------	---	---	---	---	-------

Form Penilaian Keuntungan Kerugian
Bangunan struktur Baja

1. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Biaya

Alternatif	Biaya					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Mahal	1	2	3	4	Murah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrik PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

2. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Pengetahuan Praktisi

Alternatif	Pengetahuan Praktisi					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sedikit	1	2	3	4	Banyak
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrik PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

3. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Ketersediaan Material

Alternatif	Ketersediaan Material					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Sulit	1	2	3	4	Mudah
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

4. Penilaian Keuntungan dan Kerugian Terhadap Sistem Struktur

Alternatif	Sistem Struktur					
Alternatif : Efisiensi Bagian Rangka Skema: • Optimalisasi sistem rangka utama dan sekunder (spacing, jenis rangka, dll.) • Desain spacing antar portal lebih lebar, optimasi bentuk rangka atap dan kolom	Buruk	1	2	3	4	Baik
Alternatif : Efisiensi Profil Skema : • Meminimalisasi penggunaan profil berlebih (overdesign) • Menekan massa dan volume profil untuk efisiensi biaya		1	2	3	4	
Alternatif : Pre-Engineered Building Skema : • Pemesanan paket struktur lengkap dari pabrikan PEB • Mutu struktur terjaga		1	2	3	4	

Lampiran 3 Surat Permohonan Ijin Penelitian



PROGRAM
MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS
TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir Lt. 2 Sayap Barat
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 896441
F. (0274) 896442
E. admisi.mts@uii.ac.id
W. master.civil@uii.ac.id

No. : 36/Kaprodi.TS.S2/20/MT/IV/2025
Hal : Permohonan Ijin Penelitian/Mencari Data

14 April 2025

Kepada Yth.:

Pimpinan

PT. Xin Hai Steel Structure

Kawasan Industri MM2100 XV, Jl. Irian Blok RR No.11, Cikedokan,
Kec. Cikarang Bar., Kab. Bekasi, Jawa Barat.

Dengan Hormat,

Ketua Program Studi Teknik Sipil, Program Magister, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : **Hasnaa Anggia Agustina**
NIM : **23914010**
Konsentrasi : **Manajemen Konstruksi**

adalah mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Program Magister, FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang bermaksud akan melakukan penelitian/mencari data guna menyusun tesis dengan judul "Optimasi Biaya Struktur Atas Bangunan Konstruksi Baja Dengan Pendekatan Bim Dan Value Engineering Studi Kasus: Gudang PT Supernova Flexible Packaging" sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil, Program Magister, FTSP UII.

Sehubungan dengan hal tersebut, kami memohonkan ijin agar mahasiswa yang bersangkutan diperkenankan meminta data RAB, DED, Scheduling, RKS di Perusahaan yang Bapak/Ibu pimpin.

Demikian permohonan ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Ketua Program,

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.

Lampiran 4 Lampiran Data *Analytical Hierarchy Process* Responden

1 R1

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.33	1.00	1.00
B	3.00	1.00	3.00	1.00
C	1.00	0.33	1.00	0.33
D	1.00	1.00	3.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.17	0.13	0.13	0.30
B	0.50	0.38	0.38	0.30
C	0.17	0.13	0.13	0.10
D	0.17	0.38	0.38	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.18	0.13	0.13	0.30	0.74
B	0.54	0.39	0.39	0.30	1.62
C	0.18	0.13	0.13	0.10	0.54
D	0.18	0.39	0.39	0.30	1.26

eigen value 4.16
 CI 0.05
 CR 6% OK

DATA AHP RESPONDEN

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.33	1.00	1.00
B	3.00	1.00	3.00	1.00
C	1.00	0.33	1.00	0.33
D	1.00	1.00	3.00	1.00
	6.00	2.67	8.00	3.33

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.17	0.13	0.13	0.30	0.18
B	0.50	0.38	0.38	0.30	0.39
C	0.17	0.13	0.13	0.10	0.13
D	0.17	0.38	0.38	0.30	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.74	0.18	4.14
B	1.62	0.39	4.17
C	0.54	0.13	4.17
D	1.26	0.30	4.14
	jumlah		16.62

2 R2

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	5.00	3.00
B	1.00	1.00	1.00	1.00
C	0.20	1.00	1.00	0.50
D	0.33	1.00	2.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.39	0.25	0.56	0.55
B	0.39	0.25	0.11	0.18
C	0.08	0.25	0.11	0.09
D	0.13	0.25	0.22	0.18
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.44	0.23	0.66	0.59	1.92
B	0.44	0.23	0.13	0.20	1.00
C	0.09	0.23	0.13	0.10	0.55
D	0.15	0.23	0.27	0.20	0.84

eigen value 4.28
 CI 0.09
 CR 10% OK

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	5.00	3.00
B	1.00	1.00	1.00	1.00
C	0.20	1.00	1.00	0.50
D	0.33	1.00	2.00	1.00
	2.53	4.00	9.00	5.50

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.39	0.25	0.56	0.55	0.44
B	0.39	0.25	0.11	0.18	0.23
C	0.08	0.25	0.11	0.09	0.13
D	0.13	0.25	0.22	0.18	0.20
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	1.92	0.44	4.41
B	1.00	0.23	4.27
C	0.55	0.13	4.16
D	0.84	0.20	4.29
	jumlah		17.12

3 R3

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	0.33	0.33
B	1.00	1.00	0.33	0.20
C	3.00	3.00	1.00	0.25
D	3.00	5.00	4.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	0.33	0.33
B	1.00	1.00	0.33	0.20
C	3.00	3.00	1.00	0.25
D	3.00	5.00	4.00	1.00
	8.00	10.00	5.67	1.78

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.13	0.10	0.06	0.19
B	0.13	0.10	0.06	0.11
C	0.38	0.30	0.18	0.14
D	0.38	0.50	0.71	0.56
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.13	0.1	0.058823529	0.186915888	0.12
B	0.125	0.1	0.058823529	0.112149533	0.10
C	0.375	0.3	0.176470588	0.140186916	0.25
D	0.375	0.5	0.705882353	0.560747664	0.54
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.12	0.10	0.08	0.18	0.48
B	0.12	0.10	0.08	0.11	0.41
C	0.35	0.30	0.25	0.13	1.03
D	0.35	0.49	0.99	0.54	2.38

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.48	0.12	4.06
B	0.41	0.10	4.11
C	1.03	0.25	4.16
D	2.38	0.54	4.44
	jumlah		16.76

eigen value 4.19
 CI 0.06
 CR 7% OK

4 R4

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.33	1.00	0.33
B	3.00	1.00	3.00	0.50
C	1.00	0.33	1.00	0.20
D	3.00	2.00	5.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.33	1.00	0.33
B	3.00	1.00	3.00	0.50
C	1.00	0.33	1.00	0.20
D	3.00	2.00	5.00	1.00
	8.00	3.67	10.00	2.03

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.13	0.09	0.10	0.16
B	0.38	0.27	0.30	0.25
C	0.13	0.09	0.10	0.10
D	0.38	0.55	0.50	0.49
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.13	0.09	0.10	0.16	0.12
B	0.38	0.27	0.30	0.25	0.30
C	0.13	0.09	0.10	0.10	0.10
D	0.38	0.55	0.50	0.49	0.48
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.12	0.10	0.10	0.16	0.48
B	0.36	0.30	0.31	0.24	1.21
C	0.12	0.10	0.10	0.10	0.42
D	0.36	0.60	0.52	0.48	1.95

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.48	0.12	4.02
B	1.21	0.30	4.05
C	0.42	0.10	4.04
D	1.95	0.48	4.08
	jumlah		16.20

eigen value 4.05
 CI 0.02
 CR 2% OK

5 R5

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	1.00	1.00
B	2.00	1.00	3.00	1.00
C	1.00	0.33	1.00	0.33
D	1.00	1.00	3.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	1.00	1.00
B	2.00	1.00	3.00	1.00
C	1.00	0.33	1.00	0.33
D	1.00	1.00	3.00	1.00
	5.00	2.83	8.00	3.33

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.20	0.18	0.13	0.30
B	0.40	0.35	0.38	0.30
C	0.20	0.12	0.13	0.10
D	0.20	0.35	0.38	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.20	0.18	0.13	0.30	0.20
B	0.40	0.35	0.38	0.30	0.36
C	0.20	0.12	0.13	0.10	0.14
D	0.20	0.35	0.38	0.30	0.31
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.20	0.18	0.14	0.31	0.82
B	0.40	0.36	0.41	0.31	1.47
C	0.20	0.12	0.14	0.10	0.56
D	0.20	0.36	0.41	0.31	1.27

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.82	0.20	4.10
B	1.47	0.36	4.12
C	0.56	0.14	4.11
D	1.27	0.31	4.14
	jumlah		16.47

eigen value 4.12
 CI 0.04
 CR 4% OK

6 R6

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	0.33	0.33
B	2.00	1.00	3.00	1.00
C	3.00	0.33	1.00	0.33
D	3.00	1.00	3.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	0.33	0.33
B	2.00	1.00	3.00	1.00
C	3.00	0.33	1.00	0.33
D	3.00	1.00	3.00	1.00
	9.00	2.83	7.33	2.67

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.11	0.18	0.05	0.13
B	0.22	0.35	0.41	0.38
C	0.33	0.12	0.14	0.13
D	0.33	0.35	0.41	0.38
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.11	0.18	0.05	0.13	0.11
B	0.22	0.35	0.41	0.38	0.34
C	0.33	0.12	0.14	0.13	0.18
D	0.33	0.35	0.41	0.38	0.37
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.11	0.17	0.06	0.12	0.47
B	0.23	0.34	0.53	0.37	1.47
C	0.34	0.11	0.18	0.12	0.76
D	0.34	0.34	0.53	0.37	1.59

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.47	0.11	4.07
B	1.47	0.34	4.33
C	0.76	0.18	4.25
D	1.59	0.37	4.31
	jumlah		16.97

eigen value 4.24
 CI 0.08
 CR 9% OK

7 R7

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	0.33	0.33
B	2.00	1.00	3.00	1.00
C	3.00	0.33	1.00	1.00
D	3.00	1.00	1.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	0.33	0.33
B	2.00	1.00	3.00	1.00
C	3.00	0.33	1.00	1.00
D	3.00	1.00	1.00	1.00
	9.00	2.83	5.33	3.33

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.11	0.18	0.06	0.10
B	0.22	0.35	0.56	0.30
C	0.33	0.12	0.19	0.30
D	0.33	0.35	0.19	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.11	0.176470588	0.0625	0.1	0.11
B	0.222222222	0.352941176	0.5625	0.3	0.36
C	0.333333333	0.117647059	0.1875	0.3	0.23
D	0.333333333	0.352941176	0.1875	0.3	0.29
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.11	0.18	0.08	0.10	0.47
B	0.23	0.36	0.70	0.29	1.58
C	0.34	0.12	0.23	0.29	0.99
D	0.34	0.36	0.23	0.29	1.23

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.47	0.11	4.16
B	1.58	0.36	4.40
C	0.99	0.23	4.20
D	1.23	0.29	4.17
	jumlah		16.94

eigen value 4.23
 CI 0.08
 CR 9% OK

8 R8

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	0.20	0.33
B	1.00	1.00	1.00	1.00
C	5.00	1.00	1.00	1.00
D	3.00	1.00	1.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	0.20	0.33
B	1.00	1.00	1.00	1.00
C	5.00	1.00	1.00	1.00
D	3.00	1.00	1.00	1.00
	10.00	4.00	3.20	3.33

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.10	0.25	0.06	0.10
B	0.10	0.25	0.31	0.30
C	0.50	0.25	0.31	0.30
D	0.30	0.25	0.31	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.10	0.25	0.06	0.10	0.13
B	0.1	0.25	0.31	0.30	0.24
C	0.5	0.25	0.31	0.30	0.34
D	0.3	0.25	0.31	0.30	0.29
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.13	0.24	0.07	0.10	0.53
B	0.13	0.24	0.34	0.29	1.00
C	0.64	0.24	0.34	0.29	1.51
D	0.38	0.24	0.34	0.29	1.26

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.53	0.13	4.17
B	1.00	0.24	4.16
C	1.51	0.34	4.44
D	1.26	0.29	4.32
	jumlah		17.08

eigen value 4.27
 CI 0.09
 CR 10% OK

9 R9

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	3.00	1.00
B	1.00	1.00	1.00	1.00
C	0.33	1.00	1.00	0.33
D	1.00	1.00	3.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	3.00	1.00
B	1.00	1.00	1.00	1.00
C	0.33	1.00	1.00	0.33
D	1.00	1.00	3.00	1.00
	3.33	4.00	8.00	3.33

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.30	0.25	0.38	0.30
B	0.30	0.25	0.13	0.30
C	0.10	0.25	0.13	0.10
D	0.30	0.25	0.38	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.30	0.25	0.375	0.3	0.31
B	0.3	0.25	0.125	0.3	0.24
C	0.1	0.25	0.125	0.1	0.14
D	0.3	0.25	0.375	0.3	0.31
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.31	0.24	0.43	0.31	1.29
B	0.31	0.24	0.14	0.31	1.00
C	0.10	0.24	0.14	0.10	0.59
D	0.31	0.24	0.43	0.31	1.29

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	1.29	0.31	4.20
B	1.00	0.24	4.10
C	0.59	0.14	4.12
D	1.29	0.31	4.20
	jumlah		16.63

eigen value 4.16
 CI 0.05
 CR 6% OK

10 R10

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	0.33	1.00
B	2.00	1.00	1.00	1.00
C	3.00	1.00	1.00	0.33
D	1.00	1.00	3.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	0.33	1.00
B	2.00	1.00	1.00	1.00
C	3.00	1.00	1.00	0.33
D	1.00	1.00	3.00	1.00
	7.00	3.50	5.33	3.33

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.14	0.14	0.06	0.30
B	0.29	0.29	0.19	0.30
C	0.43	0.29	0.19	0.10
D	0.14	0.29	0.56	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.14	0.14	0.06	0.30	0.16
B	0.29	0.29	0.19	0.30	0.26
C	0.43	0.29	0.19	0.10	0.25
D	0.14	0.29	0.56	0.30	0.32
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.16	0.13	0.08	0.32	0.70
B	0.32	0.26	0.25	0.32	1.16
C	0.49	0.26	0.25	0.11	1.11
D	0.16	0.26	0.75	0.32	1.50

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.70	0.16	4.32
B	1.16	0.26	4.39
C	1.11	0.25	4.43
D	1.50	0.32	4.65
	jumlah		17.79

eigen value 4.45
 CI 0.15
 CR 17% TIDAK OK

11 R11

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.33	0.33	0.20
B	3.00	1.00	3.00	0.20
C	3.00	0.33	1.00	0.33
D	5.00	5.00	3.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.33	0.33	0.20
B	3.00	1.00	3.00	0.20
C	3.00	0.33	1.00	0.33
D	5.00	5.00	3.00	1.00
	12.00	6.67	7.33	1.73

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.08	0.05	0.05	0.12
B	0.25	0.15	0.41	0.12
C	0.25	0.05	0.14	0.19
D	0.42	0.75	0.41	0.58
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.08	0.05	0.05	0.12	0.07
B	0.25	0.15	0.41	0.12	0.23
C	0.25	0.05	0.14	0.19	0.16
D	0.42	0.75	0.41	0.58	0.54
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.07	0.08	0.05	0.11	0.31
B	0.22	0.23	0.47	0.11	1.03
C	0.22	0.08	0.16	0.18	0.63
D	0.37	1.16	0.47	0.54	2.53

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.31	0.07	4.22
B	1.03	0.23	4.46
C	0.63	0.16	4.04
D	2.53	0.54	4.71
	jumlah		17.43

eigen value 4.36
 CI 0.12
 CR 13% TIDAK OK

12 R12

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	1.00	1.00
B	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.00	1.00	1.00	1.00
D	1.00	1.00	1.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	1.00	1.00	1.00
B	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.00	1.00	1.00	1.00
D	1.00	1.00	1.00	1.00
	4.00	4.00	4.00	4.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.25	0.25	0.25	0.25
B	0.25	0.25	0.25	0.25
C	0.25	0.25	0.25	0.25
D	0.25	0.25	0.25	0.25
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
B	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
C	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
D	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00
B	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00
C	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00
D	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	1.00	0.25	4.00
B	1.00	0.25	4.00
C	1.00	0.25	4.00
D	1.00	0.25	4.00
	jumlah		16.00

eigen value 4.00
 CI 0.00
 CR 0% TIDAK OK

13 R13

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.14	0.20	0.11
B	7.00	1.00	0.25	0.13
C	5.00	4.00	1.00	0.17
D	9.00	8.00	6.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.14	0.20	0.11
B	7.00	1.00	0.25	0.13
C	5.00	4.00	1.00	0.17
D	9.00	8.00	6.00	1.00
	22.00	13.14	7.45	1.40

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.05	0.01	0.03	0.08
B	0.32	0.08	0.03	0.09
C	0.23	0.30	0.13	0.12
D	0.41	0.61	0.81	0.71
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.05	0.01	0.03	0.08	0.04
B	0.32	0.08	0.03	0.09	0.13
C	0.23	0.30	0.13	0.12	0.20
D	0.41	0.61	0.81	0.71	0.63
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.04	0.02	0.04	0.07	0.17
B	0.28	0.13	0.05	0.08	0.54
C	0.20	0.52	0.20	0.11	1.02
D	0.37	1.03	1.18	0.63	3.21

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.17	0.04	4.16
B	0.54	0.13	4.19
C	1.02	0.20	5.21
D	3.21	0.63	5.06
	jumlah		18.62

eigen value 4.66
 CI 0.22
 CR 24% TIDAK OK

14 R14

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	0.33	0.33
B	2.00	1.00	0.20	0.20
C	3.00	5.00	1.00	0.11
D	3.00	5.00	9.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.50	0.33	0.33
B	2.00	1.00	0.20	0.20
C	3.00	5.00	1.00	0.11
D	3.00	5.00	9.00	1.00
	9.00	11.50	10.53	1.64

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.11	0.04	0.03	0.20
B	0.22	0.09	0.02	0.12
C	0.33	0.43	0.09	0.07
D	0.33	0.43	0.85	0.61
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.11	0.04	0.03	0.20	0.10
B	0.22	0.09	0.02	0.12	0.11
C	0.33	0.43	0.09	0.07	0.23
D	0.33	0.43	0.85	0.61	0.56
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.10	0.06	0.08	0.19	0.42
B	0.19	0.11	0.05	0.11	0.46
C	0.29	0.56	0.23	0.06	1.15
D	0.29	0.56	2.09	0.56	3.51

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.42	0.10	4.29
B	0.46	0.11	4.14
C	1.15	0.23	4.94
D	3.51	0.56	6.29
	jumlah		19.65

eigen value 4.91
 CI 0.30
 CR 34% TIDAK OK

15 R15

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.33	0.33	1.00
B	3.00	1.00	0.20	0.33
C	3.00	5.00	1.00	1.00
D	1.00	3.00	1.00	1.00

KRITERIA	A	B	C	D
A	1.00	0.33	0.33	1.00
B	3.00	1.00	0.20	0.33
C	3.00	5.00	1.00	1.00
D	1.00	3.00	1.00	1.00
	8.00	9.33	2.53	3.33

KRITERIA	A	B	C	D
A	0.13	0.04	0.13	0.30
B	0.38	0.11	0.08	0.10
C	0.38	0.54	0.39	0.30
D	0.13	0.32	0.39	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT KRITERIA					
KRITERIA	A	B	C	D	RTRT
A	0.13	0.04	0.13	0.30	0.15
B	0.38	0.11	0.08	0.10	0.17
C	0.38	0.54	0.39	0.30	0.40
D	0.13	0.32	0.39	0.30	0.29
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

BOBOT VEKTOR					
KRITERIA	A	B	C	D	SUM
A	0.15	0.06	0.13	0.29	0.62
B	0.44	0.17	0.08	0.10	0.78
C	0.44	0.83	0.40	0.29	1.96
D	0.15	0.50	0.40	0.29	1.33

KRITERIA	BOBOT VEKTOR	BOBOT KRITERIA	VEKTOR KONSISTENSI
A	0.62	0.15	4.20
B	0.78	0.17	4.75
C	1.96	0.40	4.88
D	1.33	0.29	4.66
	jumlah		18.49

eigen value 4.62
 CI 0.21
 CR 23% TIDAK OK

