



TUGAS AKHIR (RC-141501)

**PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA
PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN
GRAND SUNGKONO LAGOON TOWER
VENETIAN SURABAYA**

**ARDIAN VIDIANTO AMIDARMO
NRP 3112 100 033**

**Dosen Pembimbing
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNGKONO LAGOON TOWER VENETIAN SURABAYA

ARDIAN VIDIANTO AMIDARMO
NRP 3112 100 033

Dosen Pembimbing
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT (RC-14-1501)

**APPLICATION OF VALUE ENGINEERING IN
CONSTRUCTION PROJECT OF APARTMENT GRAND
SUNGKONO LAGOON FOR VENETIAN TOWER IN
SURABAYA**

**ARDIAN VIDIANTO AMIDARMO
NRP 3112 100 033**

**Supervisor :
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT**

**DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

**PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* PADA
PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND
SUNGKONO LAGOON TOWER VENETIAN
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Manajemen Konstruksi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARDIAN VIDIA YULIA MIDARMO
NRP.

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Cahyono Bintang Nurcahyo, S.T., M.T., M.Eng. (Pembimbing)



**SURABAYA
JANUARI, 2017**

PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SUNGKONO LAGOON TOWER VENETIAN SURABAYA

Nama Mahasiswa : ARDIAN VIDIANTO AMIDARMO
NRP : 3112.100.033
Jurusan : TEKNIK SIPIL FTSP – ITS
Dosen Konsultasi : Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT

Abstrak

Pertumbuhan penduduk yang pesat di Surabaya membuat kebutuhan akan tempat tinggal yang layak juga semakin dibutuhkan. Terbatasnya lahan tengah kota di Surabaya membuat pembangunan hunian secara vertical menjadi pilihan tepat untuk dilakukan. Hal ini yang mendorong dibuatnya Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan biaya pembangunan sebesar Rp. 410.250.000.000 dengan luas total bangunan 55.144,49 m², dengan itu didapat biaya pembangunan /m² adalah Rp. 7.439.546 /m². Dengan membandingkan biaya /m² bangunan dengan fungsi yang sama yaitu Apartemen Tamansari Papilio Surabaya dengan biaya pembangunan /m² sebesar Rp. 5.617.428,68 /m², membuat Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian memiliki potensi untuk dilakukan efisiensi biaya dengan value engineering.

Value engineering adalah sebuah teknik dalam bidang manajemen untuk mendapatkan item dengan fungsi terbaik akan tetapi dengan harga semurah mungkin. Metode analisa data pada penelitian dibagi menjadi 4 tahap, yaitu tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa, dan tahap rekomendasi. Tahap informasi bertujuan untuk menentukan item pekerjaan berbiaya tinggi untuk dilakukan value engineering. Tahap kreatif bertujuan menggali dan mencari sebanyak mungkin alternatif pengganti dari item pekerjaan yang berbiaya tinggi. Tahap analisa melingkupi analisa struktur, analisa keuntungan dan kerugian, analisa biaya, dan

analisa pemilihan alternatif dengan menggunakan metode AHP. Pada tahap rekomendasi akan terpilih alternatif terbaik dan diketahui besar penghematan yang diperoleh.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah item pekerjaan yang berbiaya tinggi adalah pekerjaan pelat dan balok, alternatif penggantinya adalah dengan menaikkan mutu beton menjadi f'c 40 (alternatif 1) dan dengan menggunakan precast (alternatif 2), setelah dilakukan analisa struktur, kedua alternatif kuat menahan beban yang ada dan bisa digunakan. Pada pekerjaan pelat alternatif yang terpilih adalah alternatif 2 yaitu dengan menggunakan precast, sedangkan pada pekerjaan balok alternatif yang terpilih adalah alternatif 1 yaitu dengan cara menaikkan mutu beton menjadi f'c 40, penghematan yang diperoleh pada pekerjaan pelat sebesar Rp 1.796.902.644 (6,38%) dari desain awal, sedangkan pada pekerjaan balok penghematan yang diperoleh sebesar Rp 787.393.614 (3,78%) dari desain awal.

Kata kunci: *Value Engineering, Alternatif, Penghematan, Apartemen, Surabaya.*

APPLICATION OF VALUE ENGINEERING IN CONSTRUCTION PROJECT OF APARTMENT GRAND SUNGKONO LAGOON FOR VENETIAN TOWER IN SURABAYA

Name : ARDIAN VIDIANTO AMIDARMO
NRP : 3112.100.033
Departement : TEKNIK SIPIL FTSP-ITS
Supervisor : Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT

Abstract

High population growth in Surabaya making the need for proper residence are also increasing. Limited land in the city center of Surabaya making vertical residential becomes good option to build. It is the reason for the construction of Apartment Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian to meet those needs. With a construction cost of Rp 410 250 000 000 with the total area 55144.49 m², and construction costs / m² is Rp 7439546 / m². By comparing the cost / m² of building with the same function, which is Apartment Tamansari Papilio Surabaya with the construction cost / m² is Rp 5,617,428.68 / m², make Apartment Grand Sungkono Venetian Lagoon Tower has the potential to make it construction cost more efficient value engineering.

Value engineering is a technique in management to get the item with the best function but as cheap as possible. Data analysis method in this study were divided into four phases, the information stage, the creative stage, the analysis stage, and the recommendation stage. Phase information have purpose to determine high-cost items of work to do value engineering. Creative phase have purpose to explore and find alternatives replacement as much as possible from high-cost work items. Phase analysis consists of structural analysis, advantage and disadvantage analysis, cost analysis, and analysis of alternative

selection using AHP. At recommendations stage, the best alternative will be chosen and the amount of saving is known.

The results obtained from this study is the high cost of work item are slab and beams, replacement alternative is to increase the quality of concrete into f'c 40 (alternative 1) and by using precast (alternative 2), after analyzing the structure, both alternatives able to hold the load that exists and could be used. In the slab work the alternative chosen is the second alternative is by using precast, while the alternative chosen in beam work is the first alternative which is by raising the quality of concrete into f'c 40, the savings gained on the slab work is Rp 1.796.902.644 (6,38%) from the initial design, while on the beam work the savings gained is Rp 787.393.614 (3,78%) from the initial design.

Keyword: Value Engineering, Alternative, savings, Apartmen, Surabaya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Penerapan Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian Surabaya”. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT selaku dosen pembimbing yang dengan sabar dan sepenuh hati membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran untuk penulis.
2. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas ketekunan memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Keluarga Besar Angkatan 2012 Teknik Sipil ITS, kalian keluarga baru yang sangat hebat. Semoga suatu hari nanti kita bisa bertemu dan berkumpul disuasana yang jauh lebih membanggakan.
4. Ayah, ibu dan kakak saya yang senantiasa mensupport, mendoakan dan memberi motivasi kepada saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Dina Andriyani, atas doa dan semangat dalam mendukung pengerjaan tugas akhir ini, serta selalu menemani penulis dalam suka duka pengerjaan tugas akhir ini.
6. Timi, Mondo, Dara, Devi, Garin, Nandos, Nopal, Mita, Ekik, Evan, Ardhian Setya, Diaz, Oga, Lucky, Denzi, Danny, Dimaz, Fahri, Ghani, Gilang, Giusty, Hendra, Dito, Ayin, Mujahid, Huda, Tibo, Arvin atas segala bantuan,

masuk dan mengisi waktu penulis disela – sela mengerjakan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik agar lebih baik lagi di masa mendatang.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Value Engineering.....	5
2.1.1 Pengertian Value Engineering	5
2.1.2 Konsep Value Engineering	5
2.1.3 Manfaat Penerapan Value Engineering.....	7
2.1.4 Aplikasi Value Engineering Pada Bangunan Gedung	8
2.1.5 Analisa Data Dengan Value Engineering	9
2.2 Sistem Beton Bertulang.....	12
2.3 Sistem Precast	13
2.4 Pembebanan	13
2.4.1 Beban Mati	13
2.4.2 Beban Hidup	14
2.4.3 Beban Angin	16
2.4.4 Beban Gempa	16
2.4.5 Kombinasi Pembebanan.....	17

2.5 SAP 2000	18
--------------------	----

BAB III METODOLOGI

3.1 Konsep Penelitian.....	19
3.2 Data Penelitian	19
3.3 Metode Pengumpulan Data	19
3.4 Metode Analisa Data.....	20
3.4.1 Tahap Informasi	20
3.4.2 Tahap Kreatif	22
3.4.3 Tahap Analisa	22
3.4.4 Tahap Rekomendasi.....	24
3.5 Langkah – Langkah Penelitian.....	25

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Latar Belakang Proyek	27
4.2 Biodata Proyek	27
4.3 Tahap Informasi	28
4.3.1 Cost Model.....	28
4.3.2 Diagram Pareto	29
4.3.3 Analisa Fungsi.....	30
4.4 Tahap Kreatif.....	33
4.5 Tahap Analisa.....	33
4.5.1 Analisa Struktur	33
4.5.2 Analisa Keuntungan Dan Kerugian	44
4.5.3 Analisa Life Cycle Cost.....	49
4.5.4 Analytical Hierarchy Process.....	55
4.5.5 Tahap Rekomendasi.....	65

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67

DAFTAR PUSTAKA	69
-----------------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Beban Mati Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung	14
Tabel 2.2	Tabel Pembebanan Beban Hidup	14
Tabel 3.1	Form <i>Breakdown Cost Model</i>	20
Tabel 3.2	Form <i>Cost Model</i>	20
Tabel 3.3	Form Diagram Pareto	21
Tabel 3.4	Form Analisa Fungsi	21
Tabel 3.5	Form Alternatif Pengganti.....	22
Tabel 3.6	Form Keuntungan Dan Kerugian	23
Tabel 3.7	Form Analisa Life Cycle Cost.....	23
Tabel 3.8	Tabel Bobot AHP	24
Tabel 3.9	Form Tahap Rekomendasi	24
Tabel 4.1	Cost Model	28
Tabel 4.2	Form Diagram Pareto	29
Tabel 4.3	Analisa Fungsi Pekerjaan Pelat	31
Tabel 4.4	Analisa Fungsi Pekerjaan Kolom.....	31
Tabel 4.5	Analisa Fungsi Pekerjaan Balok	32
Tabel 4.6	Tabel Alternatif Pengganti Pekerjaan Pelat	33
Tabel 4.7	Tabel Alternatif Pengganti Pekerjaan Balok	33
Tabel 4.8	Jenis Kolom Yang Digunakan Pada Desain Awal	38
Tabel 4.9	Jenis Balok Yang Digunakan Pada Desain Awal	39
Tabel 4.10	Jenis Pelat Yang Digunakan Pada Desain Awal	39
Tabel 4.11	Jenis Shearwall Yang Digunakan Pada Desain Awal	39
Tabel 4.12	Jenis Balok Yang Digunakan Pada Desain Alternatif 1	41
Tabel 4.13	Jenis Pelat Yang Digunakan Pada Desain Alternatif 1	42
Tabel 4.14	Jenis Pelat Yang Digunakan Pada Desain Alternatif 2	43
Tabel 4.15	Jenis Pelat Yang Digunakan Pada Desain Alternatif 2	43
Tabel 4.16	Analisa Keuntungan Kerugian Pelat Desain Awal	45

Tabel 4.17 Analisa Keuntungan Kerugian Pelat Desain Alternatif 1 (Menaikkan Mutu Beton)	45
Tabel 4.18 Analisa Keuntungan Kerugian Pelat Alternatif 2 (Precast).....	46
Tabel 4.19 Analisa Keuntungan Kerugian Balok Desain Awal	46
Tabel 4.20 Analisa Keuntungan Kerugian Balok Alternatif 1 (Menaikkan Mutu Beton)	47
Tabel 4.21 Analisa Keuntungan Kerugian Balok Alternatif 2 (Precast).....	47
Tabel 4.22 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Pelat Desain Awal	49
Tabel 4.23 Tabel LCC Pekerjaan Pelat Desain Awal	49
Tabel 4.24 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 1	50
Tabel 4.25 Tabel LCC Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 1 ...	50
Tabel 4.26 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 2	51
Tabel 4.27 Tabel LCC Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 2 ...	51
Tabel 4.28 Tabel Rekapitulasi LCC Item Pekerjaan Pealt.....	52
Tabel 4.29 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Balok Desain Awal	52
Tabel 4.30 Tabel LCC Pekerjaan Balok Desain Awal.....	52
Tabel 4.31 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Balok Desain Alternatif 1	53
Tabel 4.32 Tabel LCC Pekerjaan Balok Desain Alternatif 1 ..	53
Tabel 4.33 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Balok Desain Alternatif 2	54
Tabel 4.34 Tabel LCC Pekerjaan Balok Desain Alternatif 2..	54
Tabel 4.35 Tabel Rekapitulasi LCC Item Pekerjaan Balok	55
Tabel 4.36 Tabel Bobot Penilaian Kriteria.....	55
Tabel 4.37 Tabel Bobot Penilaian Alternatif.....	55
Tabel 4.38 Pembobotan Kriteria Pekerjaan Pelat.....	57
Tabel 4.39 Sintesa Pembobotan Kriteria Pekerjaan Pelat.....	58
Tabel 4.40 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Biaya	58

Tabel 4.41 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Biaya	58
Tabel 4.42 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan	59
Tabel 4.43 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan	59
Tabel 4.44 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Lama Pengerjaan	60
Tabel 4.45 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Lama Pengerjaan	60
Tabel 4.46 Hasil AHP Alternatif Pekerjaan Pelat	61
Tabel 4.47 Pembobotan Kriteria Pekerjaan Balok	62
Tabel 4.48 Sintesa Pembobotan Kriteria Pekerjaan Balok	62
Tabel 4.49 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Biaya	63
Tabel 4.50 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Biaya	63
Tabel 4.51 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan	63
Tabel 4.52 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan	64
Tabel 4.53 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Lama Pengerjaan	64
Tabel 4.54 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Lama Pengerjaan	65
Tabel 4.55 Hasil AHP Alternatif Pekerjaan Balok	65
Tabel 4.56 Tabel Tahap Rekomendasi Pekerjaan Pelat	66
Tabel 4.72 Tabel Tahap Rekomendasi Pekerjaan Balok	66

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grand Design Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian.....	1
Gambar 2.1	Peta Wilayah Gempa Indonesia	16
Gambar 2.1	Respon Spectrum Gempa Rencana.....	17
Gambar 3.1	Flow Chart Metode Analisa Data	26
Gambar 4.1	Grafik Perbandingan Dengan Diagram Pareto	30
Gambar 4.2	Denah Balok Utama Proyek	34
Gambar 4.3	Tampak Samping Gedung Proyek	35
Gambar 4.4	Tampak Samping Gedung Proyek	36
Gambar 4.5	Pemodelan Struktur.....	37
Gambar 4.6	Cek Struktur Pada Desain Awal	40
Gambar 4.7	Cek Struktur Pada Desain Alternatif 1.....	42
Gambar 4.8	Cek Struktur Pada Desain Alternatif 2.....	44
Gambar 4.9	Pohon Hirarki Pekerjaan Pelat	57
Gambar 4.10	Pohon Hirarki Pekerjaan Balok	61

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Brosur Precast Adhimix Precast Indonesia.....	71
Lampiran 2	Perhitungan Volume.....	75
Lampiran 3	Gaya Maksimum Balok Dan Pelat.....	79

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang pesat di Surabaya membuat kebutuhan akan tempat tinggal yang layak juga semakin dibutuhkan. Terbatasnya lahan tengah kota di Surabaya membuat pembangunan hunian secara vertical menjadi semakin banyak dilakukan. Hal ini yang mendorong dibuatnya Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan biaya pembangunan sebesar Rp. 410.250.000.000 dengan luas total bangunan 55.144,49 m², dengan itu didapat biaya pembangunan /m² adalah Rp. 7.439.546 /m². Dengan membandingkan biaya /m² bangunan dengan fungsi yang sama yaitu Apartemen Tamansari Papilio Surabaya dengan biaya pembangunan /m² sebesar Rp. 5.617.428,68 /m², membuat Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian memiliki potensi untuk dilakukan efisiensi biaya dengan *value engineering*.



Gambar 1.1 Grand Design Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian

Value engineering adalah sebuah teknik dalam bidang manajemen untuk mendapatkan item dengan fungsi terbaik akan tetapi dengan harga semurah mungkin. Metode ini muncul karena dirasa banyak biaya-biaya yang tidak diperlukan dalam suatu perencanaan proyek. Hal ini juga diperkuat dengan pernyataan beberapa studi yang telah dilakukan para ahli, bahwa dalam setiap perencanaan proyek pasti memiliki potensi biaya yang tidak diperlukan walau sehebat apapun tim perencana tersebut. Kekurangan informasi dan kekurangan waktu adalah salah satu kendala bagi perencana yang membuat sebuah perencanaan menjadi kurang efektif.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penting untuk melakukan penerapan *value engineering* pada proyek ini yang diharapkan dapat memunculkan alternatif-alternatif pengganti item pekerjaan dengan fungsi yang lebih baik atau sama akan tetapi dengan biaya yang lebih murah sebagai rekomendasi. Oleh karena itu dilakukan studi dengan judul “**Penerapan Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian Surabaya**”

1.2 Rumusan Masalah

Bila dilihat dari latar belakang yang ada, maka dapat disimpulkan pokok permasalahan yang ada di tugas akhir ini adalah :

1. Item pekerjaan apa saja yang berbiaya tinggi pada desain perencanaan dan memiliki potensi dilakukan *value engineering*?
2. Alternatif apa sajakah yang dapat dipakai sebagai pengganti sehingga dapat meminimal biaya akan tetapi tanpa mengurangi fungsi?
3. Seberapa besar nilai penghematan yang terjadi setelah dilakukan analisa *value engineering*?

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memperoleh item pekerjaan apa saja yang berbiaya tinggi pada desain perencanaan dan memiliki potensi dilakukan *value engineering*
2. Memperoleh Alternatif apa sajakah yang dapat dipakai sebagai pengganti sehingga dapat meminimal biaya akan tetapi tanpa mengurangi fungsi
3. Mengetahui seberapa besar nilai penghematan yang terjadi setelah dilakukan analisa *value engineering*.

1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah lingkup pembahasan dan batasan masalah dalam penulisan tugas akhir:

1. Penelitian pada tugas akhir ini dilakukan pada saat tahap desain.
2. Analisa *value Engineering* dilakukan hanya pada pekerjaan struktur dari Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian Surabaya dan tidak meliputi struktur pada lantai basement 1, lantai basement 2, lantai lower ground dan lantai ground.
3. Desain awal adalah desain yang dibuat oleh konsultan perencana saat melakukan lelang.
4. RAB yang digunakan adalah RAB dari kontraktor.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan beberapa manfaat, diantaranya :

1. Mengetahui item pekerjaan alternatif-alternatif apa saja yang dapat menekan RAB agar lebih murah dan tanpa mengurangi fungsi.
2. Bagi penulis dapat menjadi sarana peningkatan pemahaman dan pendalaman terhadap Value Engineering.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang penjelasan *value engineering*, konsep *value engineering*, pembebanan pada bangunan struktur dan SAP 2000.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang konsep penelitian, data penelitian, metode pengumpulan data, metode analisa data dan langkah-langkah penelitian.

Bab IV Pembahasan

Pada bab ini dilakukan analisa dan pembahasan, mulai dari tahap informasi yaitu menentukan item pekerjaan berbiaya tinggi, analisa struktur desain awal, alternatif 1 dan alternatif 2, analisa keuntungan dan kerugian, *analytical hierarchy process*, dan analisa penghematan yang diperoleh

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Value Engineering

2.1.1 Pengertian Value Engineering

Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) adalah suatu proses pembuatan keputusan berbasis multidisiplin yang sistematis dan terstruktur. Melakukan analisa fungsi untuk mencapai nilai terbaik (*best value*) sebuah proyek dengan mendefinisikan fungsi-fungsi yang diperlukan untuk mencapai sasaran nilai (*value*) yang diinginkan dan menyediakan fungsi-fungsi tersebut dengan biaya yang optimum, konsisten dengan kualitas dan kinerja yang dipersyaratkan (Berawi, 2013).

Menurut Zimmerman dan Hart (1982) rekayasa nilai adalah suatu metode yang berupa penghematan biaya dengan menggunakan pendekatan yang sistematis untuk mendapatkan keseimbangan fungsi-fungsi yang terbaik antara biaya, kekuatan dan penampilan suatu struktur bangunan pada proyek.

Sebagai pengidentifikasian fungsi, pendekatan yang dilakukan Rekayasa Nilai adalah dengan membedakan pengertian antara nilai (*worth*) dan biaya (*cost*) karena :

1. Ukuran harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya yaitu harga komponen yang membentuk barang tersebut, sedangkan nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaan barang tersebut.
2. Biaya adalah berapa pengeluaran yang berbentuk materi yang telah dilakukan untuk mendapatkan barang tersebut, sedangkan ukuran nilai cenderung ke arah subjektif dan sebagian besar tergantung seberapa jauh pemilik dapat memanfaatkannya.

2.1.2 Konsep Value Engineering

Metode Rekayasa Nilai dikembangkan untuk menyediakan cara pengelolaan nilai dan upaya peningkatan inovasi yang sistematis guna memberikan keunggulan daya saing bagi sebuah produk. Rekayasa nilai fokus pada suatu nilai untuk mencapai

keseimbangan yang optimum antara waktu, biaya serta kualitas. Konsep ini mempertimbangkan hubungan antara nilai, fungsi dan biaya pada persepektif yang lebih luas untuk dapat menciptakan nilai yang lebih pada proyek yang ditentukan (Berawi, 2013).

2.1.2.1 Nilai (Value)

Nilai didefinisikan sebagai sebuah hubungan antara biaya, waktu dan mutu dimana mutu terdiri dari sejumlah variabel yang ditentukan dari pengetahuan dan pengalaman seorang individu atau beberapa individu di dalam sebuah kelompok, yang dibuat dengan maksud membuat pilihan di antara berbagai pilihan yang cocok secara fungsi. Oleh karena itu, system nilai yang dibuat merupakan gambaran pada waktu tertentu dari berbagai variabel terhadap semua keputusan yang mempengaruhi bisnis inti atau sebuah proyek (Berawi, 2013).

Dalam metode rekayasa nilai, nilai yang diutamakan adalah nilai ekonomi yang terbagi dalam empat (4) kategori:

1. Nilai biaya (*cost value*) yaitu biaya total untuk memproduksi item tertentu, yaitu jumlah biaya tenaga kerja, bahan, alat dan biaya ekstra (*overhead*).
2. Nilai tukar (*exchange value*) yaitu suatu nilai “manfaat (*worth*)” yang diperdagangkan atau ditukar. *Worth* adalah istilah pada pembeli yang didorong oleh motivasi pembeli. Nilai ini ditentukan juga oleh nilai pasar pada suatu waktu tertentu.
3. Nilai penghargaan (*esteem value*) merupakan suatu nilai yang menyebabkan pemilik atau pengguna bersedia membayar untuk prestise atau penampilan. Nilai ini berkaitan dengan kebutuhan dan keinginan pelanggan/pengguna.
4. Nilai kegunaan (*use value*) adalah nilai fungsional suatu produk/ proses/ system diciptakan untuk memenuhi tujuan tertentu. Nilai ini mencakup kebutuhan pelanggan/ pengguna.

2.1.2.2 Fungsi (Function)

Fungsi merupakan elemen utama dalam Rekayasa Nilai karena tujuan Rekayasa Nilai adalah untuk mendapatkan fungsi-fungsi yang dibutuhkan dari suatu item dengan total biaya yang seminimal mungkin. Fungsi dapat dibagi menjadi 2 kategori:

1. Fungsi dasar (*basic function*) yaitu suatu alasan pokok system itu terwujud, suatu dasar atau alasan dari keberadaan suatu produk dan memiliki nilai kegunaan.
2. Fungsi pendukung (*secondary function*) yaitu kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya.

Dengan memadukan prinsip-prinsip konsep efisiensi biaya, rekayasa nilai dapat mengefisienkan biaya proyek secara optimal dengan cara menganalisa fungsi suatu item kegiatan untuk menyederhanakan atau memodifikasi perencanaan atau pelaksanaan dengan tetap mempertahankan / meningkatkan kualitas yang diinginkan.

2.1.2.3 Biaya (Cost)

Biaya adalah sejumlah uang yang dikeluarkan untuk membuat produk / proyek. LCC adalah keseluruhan biaya yang dimulai dari tahap awal perencanaan sampai pada akhir pemanfaatan suatu fasilitas (Dell'Isola, 1997). Elemen- elemen LCC adalah biaya investasi, biaya financing, biaya operasional, biaya pemeliharaan, biaya perubahan, pajak dan salvage value (nilai sisa suatu barang yang telah habis nilai ekonomisnya).

Penghasil produk / proyek selalu menganalisa dampak keputusan- keputusan yang dibuat terhadap kualitas, realibilitas dan pemeliharaan karena akan berpengaruh terhadap biaya. Jika melihat dari hubungan antar nilai, fungsi dan biaya maka salah satu penyebab nilai yang rendah adalah akibat adanya biaya yang tidak perlu.

2.1.3 Manfaat Penerapan Value Engineering

Berdasarkan Connaughton dan Green (1996) dalam Berawi

(2013) pada dasarnya penerapan Rekayasa Nilai akan memastikan kebutuhan untuk proyek yang akan selalu diverifikasi dan didukung oleh data, sasaran dari proyek yang dibahas secara terbuka dan jelas, keputusan penting dalam proses rekayasa nilai yang rasional, tegas, dan dapat diandalkan, desain yang dikembangkan dalam kerangka tujuan proyek yang telah disepakati, berbagai pilihan alternatif selalu diperhitungkan, pengajuan-pengajuan desain dievaluasi dan secara hati-hati dipilih berdasarkan kriteria kinerja yang telah ditetapkan.

Di berbagai negara seperti Amerika Serikat, Inggris, Australia dan Jepang, penerapan Rekayasa Nilai telah memecahkan berbagai macam permasalahan dan jauh lebih lagi penerapan Rekayasa Nilai telah meningkatkan daya saing industri konstruksi mereka. Kemampuan Rekayasa Nilai dalam meningkatkan daya saing industri konstruksi di beberapa negara tidak terlepas dari banyaknya manfaat yang dapat diberikan oleh Rekayasa Nilai kepada proyek konstruksi. Kemampuan Rekayasa Nilai dalam pengambilan keputusan perencanaan yang tepat selama tahap desain merupakan salah satu manfaat yang dapat diberikan secara optimal. Keputusan perencanaan yang tepat ini akan meningkatkan efisiensi pelaksanaan konstruksi bangunan gedung (Robinson, 2008 dalam Berawi, 2013). Sehingga, manfaat Rekayasa Nilai dibutuhkan oleh proyek konstruksi di Indonesia guna memecahkan permasalahan pelaksanaan konstruksi yang ditemui masih kurang efisien.

2.1.4 Aplikasi Value Engineering Pada Bangunan Gedung

Pelaksanaan studi Rekayasa Nilai dapat dilakukan pada setiap tahapan pengembangan proyek sesuai dengan hasil dan manfaat yang diharapkan pada studi Rekayasa Nilai. Tentunya jika dilaksanakan pada awal proyek akan mendapatkan manfaat yang lebih besar dari segi biaya dan waktu.

2.1.5 Analisa Data Dengan Value Engineering

Analisa data adalah suatu proses sistematis yang mengikuti rencana kerja (*job plan*). Analisa data dengan metode Rekayasa Nilai terdiri dari lima tahap yaitu tahap informasi, tahap analisa fungsi, tahap kreatif, tahap analisa, tahap rekomendasi.

2.1.5.1 Tahap Informasi

Berdasarkan rencana kerja (*job plan*) dalam Rekayasa Nilai, tahap pertama yang harus dilalui adalah mengumpulkan informasi sebanyak mungkin mengenai desain perencanaan proyek mulai data umum hingga batasan desain yang diinginkan dalam proyek tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi item pekerjaan dengan biaya tinggi.

Data yang dibutuhkan adalah data proyek. Data proyek diperlukan untuk mendapatkan informasi dasar mengenai suatu proyek. Data-data proyek berisi informasi umum proyek, fungsi gedung proyek, dan batasan desain proyek. Informasi mengenai proyek diperoleh dengan meminta secara langsung pada konsultan atau kontraktor yang menangani proyek atau owner proyek tersebut.

Setelah data proyek didapat, setelah itu dilakukan analisa dengan menggunakan curva pareto untuk mendapatkan item pekerjaan yang berbiaya tinggi.

2.1.5.2 Tahap Analisa Fungsi

Setelah mengumpulkan informasi kemudian dilakukan analisa fungsi. Analisa ini menganalisa fungsi utama dan fungsi penunjang tiap item pekerjaan sehingga dapat mengetahui perbandingan antara biaya dan fungsi yang dihasilkan untuk menghasilkan fungsi tersebut.

2.1.5.3 Tahap Kreatif

Dalam Rekayasa Nilai, berfikir kreatif adalah hal yang sangat penting dalam mengembangkan ide-ide untuk memunculkan alternatif-alternatif pengganti yang masih memenuhi fungsi yang

sama. Menurut Hidayat dan Ardianto (2010) dalam Andi (2011) alternatif-alternatif tersebut dapat ditinjau dari berbagai aspek, antara lain :

1. Bahan atau material

Pemunculan penggunaan alternatif bahan dikarenakan semakin banyaknya jenis bahan bangunan yang diproduksi dengan kriteria yang mempunyai fungsi yang sama. Seiring dengan berkembangnya kemajuan teknologi jenis bahan yang mempunyai fungsi yang sama dapat dibuat atau dicetak dengan mutu dan kualitas yang hampir sama juga. Hanya karena memiliki merek atau lisensi yang berbeda, maka harga bahan tersebut menjadi berbeda.

Dengan demikian, maka pemilihan alternatif bahan dapat dilakukan dalam analisa Rekayasa Nilai. Pencarian bahan dengan mutu, kualitas dan fungsi yang sama dengan rencana awal tapi dengan harga lebih rendah dapat dilakukan.

2. Metode pelaksanaan

Dalam melaksanakan suatu pekerjaan pastinya mempunyai cara atau metode sendiri-sendiri. Pada zaman dahulu cara menyelesaikan suatu pekerjaan hanya mengandalkan tenaga manusia dengan alat-alat sederhana, sehingga waktu penyelesaian pekerjaan dapat membutuhkan waktu yang cukup lama. Seiring dengan kemajuan teknologi, kini muncul alat-alat bantu yang lebih canggih dalam menyelesaikan pekerjaan. Sebagai contoh, adanya alat-alat berat seperti dozer, excavator, crane dan lain-lain yang dapat membantu dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi bangunan, sehingga pekerjaan dapat cepat selesai.

Dengan demikian dapat dilihat, bahwa suatu pekerjaan konstruksi bangunan yang dikerjakan dengan tenaga manusia dan alat-alat sederhana akan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan dikerjakan menggunakan alat-alat yang lebih modern. Maka dalam analisa Rekayasa Nilai dapat berpedoman pada metode pelaksanaan, karena semakin pendek waktu yang

dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan dan dengan peralatan yang optimal, maka semakin kecil pula biaya yang dikeluarkan.

2.1.5.4 Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan bertujuan untuk mengurangi jumlah ide yang dihasilkan selama tahap kreativitas menjadi satu ide yang paling berpotensi untuk meningkatkan nilai proyek. Pada tahap ini akan dilakukan analisa perhitungan dari alternatif yang diajukan, sehingga didapatkan hasil dari segi biaya untuk dapat memberikan acuan dalam menentukan rekomendasi pada tahapan berikutnya. Tahap ini menjawab pertanyaan tentang ide kreatif apa yang bisa dikembangkan untuk meningkatkan nilai proyek dan berapa biayanya (Berawi, 2013).

- Analisa Life Cycle Cost (LCC)

LCC adalah keseluruhan biaya yang dimulai dari tahap awal perencanaan sampai pada akhir pemanfaatan suatu fasilitas (Dell'Isola, 1997) Elemen- elemen LCC adalah biaya investasi, biaya financing, biaya operasional, biaya pemeliharaan, biaya perubahan, pajak dan salvage value (nilai sisa suatu barang yang telah habis nilai ekonomisnya). Nilai dari LCC akan digunakan pada salah satu kriteria pada saat menganalisa alternative pengganti dengan menggunakan analisa AHP yaitu berupa kriteria biaya.

- Analisa AHP (Analytical Hierarchy Process)

Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah teknik untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang bertujuan untuk menentukan pilihan terbaik dari beberapa alternatif yang diperoleh. *AHP* dikembangkan oleh Thomas L.Saaty pada tahun 1970-an, dan telah mengalami banyak perbaikan dan pengembangan hingga saat ini.

Tahapan pertama dari *AHP* adalah *Structuring*, yaitu menstrukturkan alur pengambilan keputusan berdasarkan dua komponen utama; Komponen pertama adalah tujuan dari *AHP* dan variabel yang digunakan, sedangkan komponen kedua adalah

alternatif-alternatif yang dapat diambil untuk memenuhi tujuan *AHP* tersebut. Pada Tahap *Structuring*, akan ditentukan apa tujuan dari *AHP*, apa saja variabel dan sub-variabel yang digunakan, dan apa saja alternative yang tersedia.

2.1.5.5 Tahap Rekomendasi

Item pekerjaan pada desain awal, dibandingkan dengan item pekerjaan alternatif terpilih dalam segi biaya, sehingga diperoleh besar penghematannya.

2.2 Sistem Beton Bertulang

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan. (Mc Cormac, 2004).

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Dipohusodo, 1999).

Beton bertulang adalah merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batang-batang baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. (Wang, 1993)

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam sistem (Dipohusodo, 1999).

2.3 Sistem Precast

Beton adalah material konstruksi yang banyak dipakai di Indonesia, jika dibanding dengan material lain seperti kayu dan baja. Hal ini bisa dimaklumi, karena bahan-bahan pembentukannya mudah terdapat di Indonesia, cukup awet, mudah dibentuk dan harganya relatif terjangkau. Ada beberapa aspek yang dapat menjadi perhatian dalam sistem beton konvensional, antara lain waktu pelaksanaan yang lama dan kurang bersih, kontrol kualitas yang sulit ditingkatkan serta bahan-bahan dasar cetakan dari kayu dan triplek yang semakin lama semakin mahal dan langka (Rahman, 2010).

Beberapa definisi tentang beton precast atau beton pracetak adalah sebagai berikut :

1. Beton *precast* adalah komponen beton yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan.
2. Seluruh atau sebagian dari elemen struktur yang dicetak pada satu tempat tertentu baik yang berada dilingkungan proyek maupun jauh dari proyek (pabrik) yang kemudian akan dipasang pada strukturnya.

2.4 Pembebanan

Pembebanan yang terjadi pada gedung dibagi menjadi 4 bagian, yaitu beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin. Beban tersebut digunakan untuk mendesain bangunan yaitu menentukan besar dimensi kolom, balok, pelat dll yang digunakan pada bangunan tersebut.

2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu (PPIUG 1983).

Tabel 2.1 Tabel Beban Mati Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat (kg/m ²)
Baja	7850
Beton	2200
Beton Bertulang	2400
Kayu (Kelas 1)	1000
Pasir (kering udara)	1600
Komponen Gedung	
Spesi semen, per cm tebal	21
Dinding bata merah 1/2 batu	250
Penutup atap genteng	50
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24

(Sumber: PPIUG, 1983)

2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan dalam hal ini termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energy kinetic) butiran air (PPIUG 1983).

Tabel 2.2 Tabel Pembebanan Beban Hidup

No	Jenis Pembebanan Beban Hidup	Beban hidup	Satuan
1.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200	kg/m ²
2.	Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel.	125	kg/m ²
3.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko,	250	kg/m ²

	toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.		
4.	Lantai ruang olah raga	400	kg/m ²
5.	Lantai ruang dansa	500	kg/m ²
6.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton	400	kg/m ²
7.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	kg/m ²
8.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300	kg/m ²
9.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g.	500	kg/m ²
10.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g.	250	kg/m ²
11.	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400	kg/m ²
12.	Lantai gedung parkir bertingkat:		
	- untuk lantai bawah	800	kg/m ²
	- untuk lantai tingkat lainnya	400	kg/m ²
13.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300	kg/m ²

(Sumber: PPIUG, 1983)

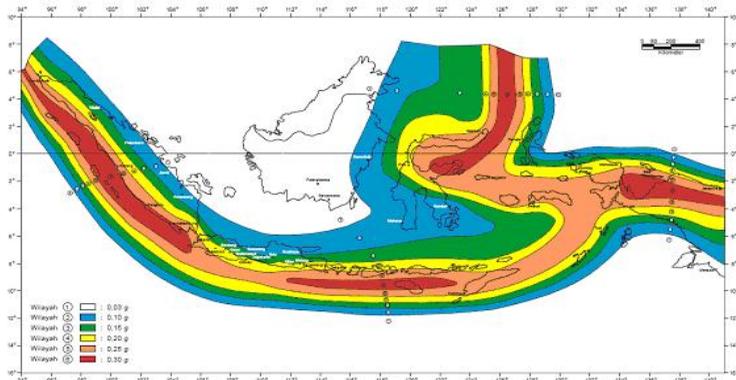
2.4.3 Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (PPIUG 1983). Beban angin pada bangunan yang jauh dari pantai adalah $25 \text{ kg} / \text{m}^2$

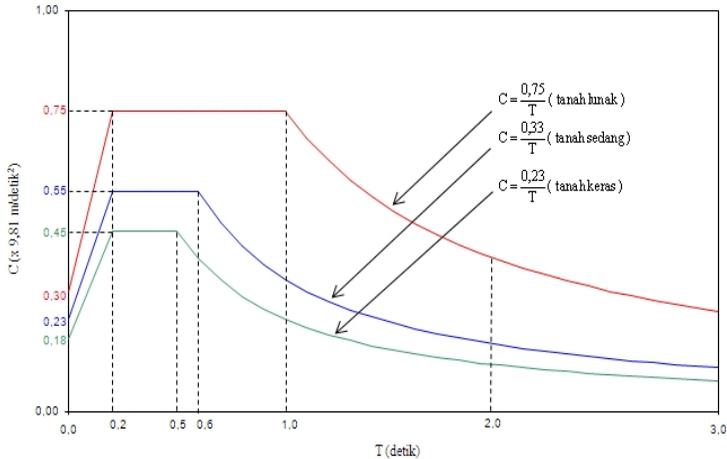
2.4.4 Beban Gempa

Untuk pembebanan gempa, direncanakan sebagai berikut:

1. Simulasi arah pembebanan Gempa Rencana, dianggap efektif 100% pada arah tegak utama dan 30% pada arah tegak lurus arah utama pembebanan secara bersamaan.
2. Untuk struktur gedung dengan tinggi lebih besar sama dengan 40 m, struktur gedung tersebut sebaiknya ditentukan melalui analisa respons dinamis yang dikelaskan dalam SNI 03-1726-2002 Pasal 7.
3. Dalam tugas akhir ini gedung direncanakan akan dibangun di Surabaya. Maka analisa respon spektrum gempa rencananya berdasarkan zona gempa III.



Gambar 2.1 Peta Wilayah Gempa Indonesia (*sumber : SNI 03-1726-2002*)



Gambar 2.2 Respon Spektrum Gempa Rencana (*sumber : SNI 03-1726-2002*)

2.4.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan didasarkan pada SNI 03 – 2847 – 2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung pada pasal 11.2, yaitu :

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 A
3. 1,2 D + 1,0 L + 1,6 W + 0,5 A
4. 0,9 D ± 1,6 W
5. 1,2 D + 1,0 L ± 1,0 E
6. 0,9 D ± 1,0 E

Dimana :

- U = Beban Ultimate
- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- W = Beban Angin
- E = Beban Gempa
- A = Beban Atap

2.5 SAP 2000

SAP 2000 adalah software teknik sipil yang digunakan untuk menghitung struktur bangunan gedung bertingkat. Sebagai salah satu software teknik sipil yang banyak digunakan oleh orang teknik sipil, SAP 2000 dapat membantu dalam melakukan pekerjaan perencanaan struktur bangunan yang diantaranya:

- Menghitung momen mekanika teknik pada struktur bangunan
- Menghitung konstruksi beton bertulang (kolom, balok , plat lantai)
- Menghitung konstruksi baja

BAB III METODOLOGI

3.1 Konsep Penelitian

Pada Tugas Akhir ini, yang diambil sebagai obyek penelitian adalah Proyek Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian yang berada di Surabaya. Teori yang digunakan pada tugas akhir ini adalah teori yang ditemukan oleh Dell'Isola pada tahun 1975 yang meliputi beberapa tahap yaitu tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa, dan tahap rekomendasi.

3.2 Data penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian dikelompokkan menjadi 2, yaitu:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber asli (dari proyek) / data pokok yang digunakan dalam melakukan analisa *value engineering*. Data primer dapat berupa data-data teknis dari proyek, seperti gambar dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan referensi dalam melakukan analisa *value engineering*. Data sekunder, diantaranya data mengenai daftar harga satuan, data bahan atau material bangunan yang digunakan, dan data-data lainnya yang dapat dijadikan referensi dalam menganalisa Rekayasa Nilai.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode Pengumpulan Data dapat dilakukan dengan cara:

1. Metode pengambilan data primer

Yaitu metode dengan cara melakukan survey langsung pada kontraktor yang menangani proyek tersebut.

2. Metode pengambilan data sekunder

Yaitu metode dengan cara melakukan survey langsung pada perusahaan-perusahaan yang berhubungan. Perusahaan itu dapat meliputi perusahaan bahan / material bangunan, kontraktor, serta perusahaan-perusahaan lainnya yang bisa dijadikan bahan referensi.

3.4 Metode Analisa Data

Penerapan metode *value engineering* ini menggunakan beberapa tahapan pekerjaan yang disebut rencana kerja *value engineering*, tahapan ini dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut.

3.4.1 Tahap Informasi

Tahap informasi bertujuan untuk menentukan pekerjaan yang berbiaya tinggi yang memiliki potensi untuk dilakukan *value engineering*. Langkah – langkah pada tahap informasi adalah:

1. Membuat *Breakdown Cost Model* dengan menggolongkan item pekerjaan dari RAB ke dalam item pekerjaan yang sejenis. Seperti memasukkan pekerjaan pengecoran pelat beton, pembesian dan pemasangan bekisting menjadi satu bagian yaitu pekerjaan pelat.

Tabel 3.1 Form *Breakdown Cost Model*

No	Uraian	Biaya

(sumber: olahan penulis, 2017)

2. Membuat *cost model* dengan mengurutkan pekerjaan – pekerjaan dari biaya tertinggi ke biaya terendah.

Tabel 3.2 Form *Cost Model*

No	Uraian	Biaya

(sumber: olahan penulis, 2015)

3. Dengan menggunakan tabel dari *cost model*, buat grafik distribusi pareto dengan cara menentukan jumlah biaya komulatif yang kemudian dirubah dalam bentuk % dan pekerjaan komulatif yang juga dirubah dalam bentuk % yang kemudian diplot dalam sebuah grafik yang terdiri dari sumbu x untuk % pekerjaan komulatif dan sumbu y untuk % biaya komulatif, setelah itu dibandingkan dengan diagram pareto dan bisa didapatkan item pekerjaan yang berbiaya tinggi.

Tabel 3.3 Form Diagram Pareto

No	Uraian	Biaya	% Biaya	% Komulatif biaya	% Pekerjaan	% Komulatif Pekerjaan

(sumber: olahan penulis, 2017)

4. Melakukan analisa fungsi berdasarkan prinsip *cost / worth* menggunakan form pada tabel 3.4. Analisa ini menganalisa fungsi utama dan fungsi penunjang tiap item pekerjaan sehingga dapat mengetahui perbandingan antara biaya dan fungsi yang dihasilkan untuk menghasilkan fungsi tersebut. Semakin tinggi *cost / worth* yang diperoleh semakin banyak item yang bisa dicari alternative penggantinya.

Tabel 3.4 Form Analisa Fungsi

Tahap Informasi						
Analisa Fungsi						
Item:						
Fungsi:						
No	Uraian	Fungsi		Jenis	Cost	Worth
		KK	KB			
Total						
C/W						

(sumber: olahan penulis, 2017)

3.4.2 Tahap Kreatif

Tahap kreatif adalah menggali dan mencari sebanyak mungkin alternatif pengganti dari item pekerjaan yang telah dipilih pada tahap informasi. Dalam mencari alternatif perlu memperhatikan beberapa hal, diantaranya:

1. Tidak semua komponen sekunder pada sebuah item pekerjaan dapat dihilangkan.
2. Komponen pekerjaan dengan fungsi primer dapat dirubah dengan penyesuaian dan syarat teknis tertentu.
3. Pengumpulan alternatif pengganti dapat menggunakan bantuan brosur bahan bangunan.

Tabel 3.5 Form Alternatif Pengganti

Tahap Kreatif Pengumpulan Alternatif	
Item:	
Fungsi:	
No	Alternatif

(sumber: olahan penulis, 2017)

3.4.3 Tahap Analisa

Tahap analisa melingkupi analisa struktur, analisa keuntungan dan kerugian, analisa biaya, dan analisa pemilihan alternative dengan menggunakan metode AHP.

1. Setelah diperoleh alternatif item pekerjaan pengganti, selanjutnya dilakukan analisa struktur dengan menggunakan aplikasi SAP 2000 untuk mengecek apakah alternatif pengganti item pekerjaan pada desain awal kuat menahan beban dan bisa digunakan.
2. Analisa keuntungan dan kerugian, alternatif yang terpilih dari tahap kreatif selanjutnya melalui analisa keuntungan dan kerugian, analisa ini berfungsi untuk mempermudah pengambilan keputusan pada tahap Analisa AHP (*Analitycal*

Hierarchy Process) untuk mendapatkan pilihan yang terbaik. Analisa ini nantinya diperoleh dengan melakukan wawancara dengan pihak yang berpengalaman.

Tabel 3.6 Form Keuntungan dan Kerugian

Tahap Analisa	
Analisa Keuntungan Dan Kerugian	
Item Pekerjaan:	
Deskripsi	
Kelebihan	Kekurangan

(sumber: olahan penulis: 2017)

- Analisa LCC dilakukan pada alternatif yang telah melalui tahap seleksi keuntungan dan kerugian. LCC memiliki beberapa hal yang diperlukan diantaranya biaya awal, biaya perawatan, biaya penggantian dan nilai sisa. Semua biaya kemudian ditarik kembali kepada biaya sekarang.

Tabel 3.7 Form Analisa Life Cycle Cost

Tahap Analisa				
Analisa Life Cycle Cost				
Item:				
Umur Ekonomis:				
No	Jenis Biaya	A	B	C
1.	Biaya awal			
2.	Biaya perawatan			
3.	Biaya penggantian			
4.	Nilai sisa			
Total PV				

(sumber: olahan penulis 2017)

- Analisa pemilihan alternatif dengan menggunakan metode AHP. Metode AHP menggunakan sitem matrix dengan membandingkan antara dua atau lebih alternatif dalam satu kategori, baik kategori maupun alternatif memiliki pembobotan dengan pembandingnya. Penilaian dari AHP ini didapat dari kuisisioner yang diberikan pada pihak yang berpengalaman.

Tabel 3.8 Tabel Bobot AHP

Bobot (A dan B)	Keterangan
1	Antara A dan B sama pentingnya
3	A sedikit lebih penting dibanding B
5	A lebih penting dibanding B
7	A jauh lebih penting dibanding B
9	A sudah jelas lebih penting dibanding B

(sumber: olahan penulis, 2017)

3.4.4 Tahap Rekomendasi

Pada tahap rekomendasi dilakukan perekomendasian desain baru berdasarkan alternatif yang terpilih. Perbandingan tersebut berupa biaya penghematan yang diperoleh.

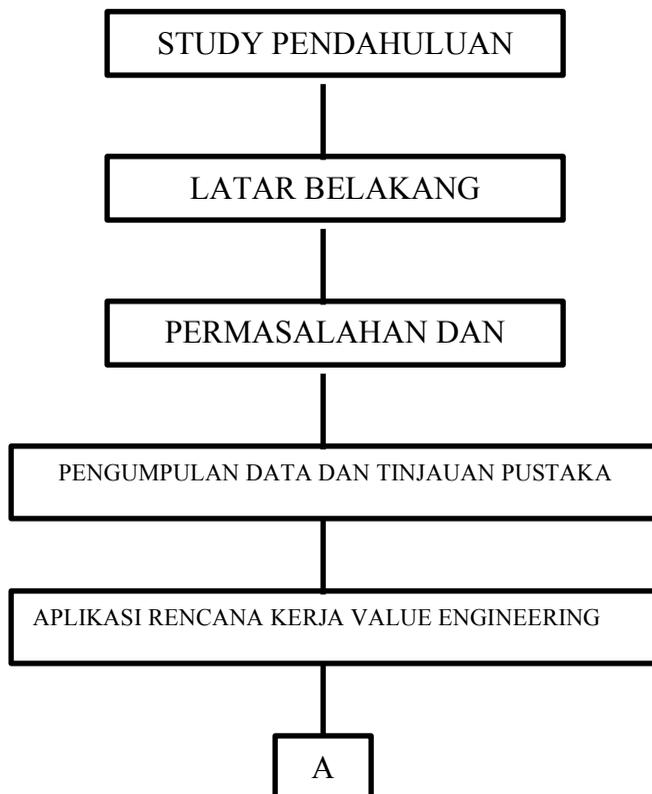
Tabel 3.9 Form Tahap Rekomendasi

Tahap Rekomendasi		
Item:		
Jenis	Uraian	Biaya
Desain Awal		
Desain Alternatif Terpilih		
Penghematan		

(sumber: olahan penulis, 2017)

3.5 Langkah – Langkah Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini dimulai dengan penyusunan latar belakang dan rumusan masalah yang terjadi, kemudian melakukan pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder serta tinjauan pustaka, selanjutnya dilakukan penerapan *value engineering* dengan menggunakan metode analisa. Berikut langkah-langkah dalam penelitian ini secara keseluruhan dapat digambarkan dengan flow chart di bawah ini.





Gambar 3.1 Flow Chart Metode Analisa Dat

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Latar Belakang Proyek

Surabaya sebagai ibu kota provinsi Jawa timur dan juga pusat perekonomian di Jawa timur, hal ini membuat banyak warga dari berbagai daerah untuk berpindah dan menetap di Surabaya, hal ini menyebabkan pertumbuhan penduduk yang pesat di Surabaya dan membuat kebutuhan akan tempat tinggal yang layak juga semakin dibutuhkan. Keinginan banyak orang untuk tinggal di tempat yang dekat dengan pusat kota sedangkan kondisi dimana sudah terbatasnya lahan di tengah kota Surabaya membuat pembangunan hunian secara vertical menjadi semakin banyak dilakukan. Hal ini yang mendorong PT PP Properti membangun Apartemen Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

4.2 Biodata Proyek

1. Nama proyek : Grand Sungkono Lagoon Tower Venetian
2. Lokasi Proyek : JL. Abdul Wahab Siamin kav 9-10
3. Pemilik Proyek : PT. PP PROPERTI
4. Konsultan Perencana Struktur: PT. HAERTE WIDYA
KONSULTAN
5. Konsultan Perencana Arsitektur: PT. AIRMAS ASRI
6. Quantity Surveyor: QUANTAQSCOSTINDO
7. Konsultan M E P: PT. SKEMANUSA KONSULTAMA
8. Kontraktor: PT. PP
9. Biaya: Rp 410.250.000.000
10. Tipe Kontrak: Lump Sump

4.3 Tahap Informasi

Pada tahap informasi ini, akan di tentukan item pekerjaan berbiaya tinggi apa sajakah yang memiliki potensi untuk dilakukan *value engineering*. Langkah – langkah pada tahap informasi ini adalah, menentukan breakdown cost model, setelah itu membuat grafik pareto, dan melakukan analisa fungsi. Item pekerjaan yang akan dianalisa *value engineering* adalah item pekerjaan struktur.

4.3.1 Cost Model

Cost model dibuat dengan cara menggolongkan item pekerjaan yang sejenis lalu mengurutkannya dari biaya tertinggi ke biaya terendah. Seperti memasukkan pekerjaan beton pelat, pembesian pelat dan bekisting pelat ke dalam pekerjaan pelat. Hal ini penting dilakukan untuk mempermudah penelitian.

Tabel 4.1 Cost Model

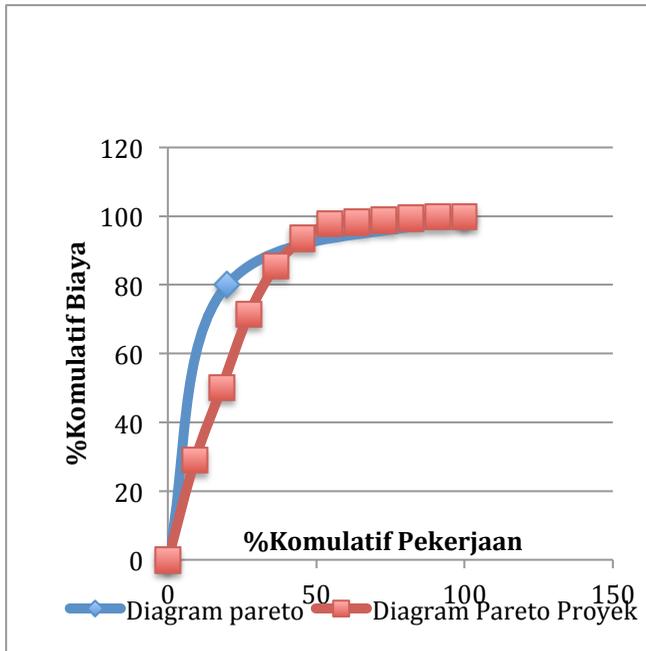
No	Jenis pekerjaan	Total Biaya
1	Pelat	Rp 22.172.355.768
2	Kolom	Rp 16.364.666.429
3	Balok	Rp 16.360.35.468
4	Shearwall	Rp 10.825.339.093
5	Raft Foundaion h=2300mm (Provisonal)	Rp 6.130.263.288
6	Retaining Wall	Rp 3.236.216.632
7	Tangga	Rp 478.247.611
8	Dinding prapet	Rp 412.300.806
9	Ramp	Rp 401.197.160
10	Pilecap	Rp 319.151.751
11	lantai kerja	Rp 157.178.785
	Total	Rp 76.857.268.790

4.3.2 Diagram Pareto

Dengan menggunakan tabel dari *cost model*, dibuat grafik distribusi pareto dengan cara menentukan jumlah biaya kumulatif yang kemudian dirubah dalam bentuk % dan pekerjaan kumulatif yang juga dirubah dalam bentuk % yang kemudian diplot dalam sebuah grafik yang terdiri dari sumbu x untuk % pekerjaan kumulatif dan sumbu y untuk % biaya kumulatif, setelah itu dibandingkan dengan diagram pareto dan bisa didapatkan item pekerjaan yang berbiaya tinggi.

Tabel 4.2 Form Diagram Pareto

No	Jenis pekerjaan	Total Biaya	Kumulatif % Biaya	Jumlah kumulatif % Biaya	Jumlah Kumulatif % pekerjaan
1	Pelat	Rp 22.172.355.768	28,85	28,85	9,09
2	Kolom	Rp 16.364.666.429	21,29	50,14	18,18
3	Balok	Rp 16.360.35.468	21,29	71,43	27,27
4	Shearwall	Rp 10.825.339.093	14,08	85,51	36,36
5	Raft Foundaion h=2300mm (Provisonal)	Rp 6.130.263.288	7,98	93,49	45,45
6	Retaining Wall	Rp 3.236.216.632	4,21	97,70	54,55
7	Tangga	Rp 478.247.611	0,62	98,32	63,64
8	Dinding prapet	Rp 412.300.806	0,54	98,86	72,73
9	Ramp	Rp 401.197.160	0,52	99,38	81,82
10	Pilecap	Rp 319.151.751	0,42	99,80	90,91
11	lantai kerja	Rp 157.178.785	0,20	100,00	100,00
	Total	Rp 76.857.268.790	100		



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Dengan Diagram Pareto

Dari gambar 4.1 bisa dilihat bahwa nilai Δx sebesar 10% dan nilai Δy sebesar 30%, dikarenakan $\Delta y > \Delta x$ maka digunakan rumus $20\% + \Delta x = 25\%$, jadi 25% item pekerjaan dari item pekerjaan total adalah item pekerjaan berbiaya tinggi $25\% \times 11 = 2,75$ dan dibulatkan menjadi 3, jadi ada 3 item pekerjaan berbiaya tinggi, yaitu pekerjaan pelat, pekerjaan kolom dan pekerjaan balok.

4.3.3 Analisa Fungsi

Analisa fungsi menganalisa fungsi utama dan fungsi penunjang tiap item pekerjaan sehingga dapat mengetahui perbandingan antara biaya dan fungsi yang dihasilkan untuk menghasilkan fungsi tersebut. Dalam penelitian ini akan diambil 2 item pekerjaan dengan nilai *cost / worth* tertinggi. Semakin tinggi nilai *cost / worth* maka semakin tinggi kemungkinan penghematan yang bisa dilakukan.

Untuk analisa fungsi pekerjaan pelat bisa dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Analisa Fungsi Pekerjaan Pelat

Tahap informasi						
Analisa Fungsi						
Item: Pekerjaan Pelat						
Fungsi: Menahan Beban						
No	Uraian	Fungsi		Jenis	Cost	Worth
		KK	KB			
1	Beton Ready Mix	Menahan	Beban	B	Rp 8.479.720.610	Rp 8.479.720.610
2	Pembesian	Menahan	Beban	B	Rp 8.145.055.039	Rp 8.145.055.039
3	Bekisting	Mencetak	Beton	S	Rp 5.547.580.120	-
Total					Rp 22.172.355.768	Rp 16.624.775.649
C/W					1,33	

Untuk analisa fungsi pekerjaan kolom bisa dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Analisa Fungsi Pekerjaan Kolom

Tahap informasi						
Analisa Fungsi						
Item: Pekerjaan Kolom						
Fungsi: Menahan Beban						
No	Uraian	Fungsi		Jenis	Cost	Worth
		KK	KB			
1	Beton Ready Mix	Menahan	Beban	B	Rp 4.074.883.2	Rp 4.074.883.2

					70	70
2	Pembesian	Menahan	Beban	B	Rp 9.406.361.5 50	Rp 9.406.361.5 50
3	Bekisting	Mencetak	Beton	S	Rp 2.883.421.6 09	-
Total					Rp 16.364.666. 429	Rp 13.481.244. 820
C/W					1,21	

Untuk analisa fungsi pekerjaan balok bisa dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Analisa Fungsi Pekerjaan Balok

Tahap informasi						
Analisa Fungsi						
Item: Pekerjaan Balok						
Fungsi: Menahan Beban						
No	Uraian	Fungsi		Jenis	Cost	Worth
		KK	KB			
1	Beton Ready Mix	Menahan	Beban	B	Rp 4.455.978.3 39	Rp 4.455.978.3 39
2	Pembesian	Menahan	Beban	B	Rp 8.047.396.2 67	Rp 8.047.396.2 67
3	Bekisting	Mencetak	Beton	S	Rp 3.856.976.8 62	-
Total					Rp 16.360.351. 468	Rp 12.503.374. 606
C/W					1,31	

Setelah dilakukan analisa fungsi, 2 item pekerjaan dengan nilai *cost / worth* tertinggi adalah item pekerjaan pelat dan item pekerjaan balok, kedua item pekerjaan inilah yang dilanjutkan ke

tahap berikutnya untuk dicari alternatif penggantinya dan besarnya penghematan yang bisa didapat.

4.4 Tahap Kreatif

Pada tahap ini, akan dicari alternatif pengganti dari item pekerjaan yang berbiaya tinggi, yang selanjutnya akan diseleksi untuk menemukan alternative pengganti terbaik pada tahap analisa. Tabel alternatif pengganti pekerjaan pelat bisa dilihat pada tabel 4.6, sedangkan tabel alternatif pengganti pekerjaan balok bisa dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.6 Tabel Alternatif Pengganti Pekerjaan Pelat

Alternatif Pengganti Pekerjaan Pelat	
Item: Pekerjaan Pelat	
Fungsi: Menahan beban	
No	Alternatif
1.	Menaikkan mutu beton dari $f'c$ 35 menjadi $f'c$ 40 untuk mengurangi dimensi
2.	Beton Precast

Tabel 4.7 Tabel Alternatif Pengganti Pekerjaan Balok

Alternatif Pengganti Pekerjaan Balok	
Item: Pekerjaan Balok	
Fungsi: Menahan beban	
No	Alternatif
1.	Menaikkan mutu beton dari $f'c$ 35 menjadi $f'c$ 40 untuk mengurangi dimensi
2.	Beton Precast

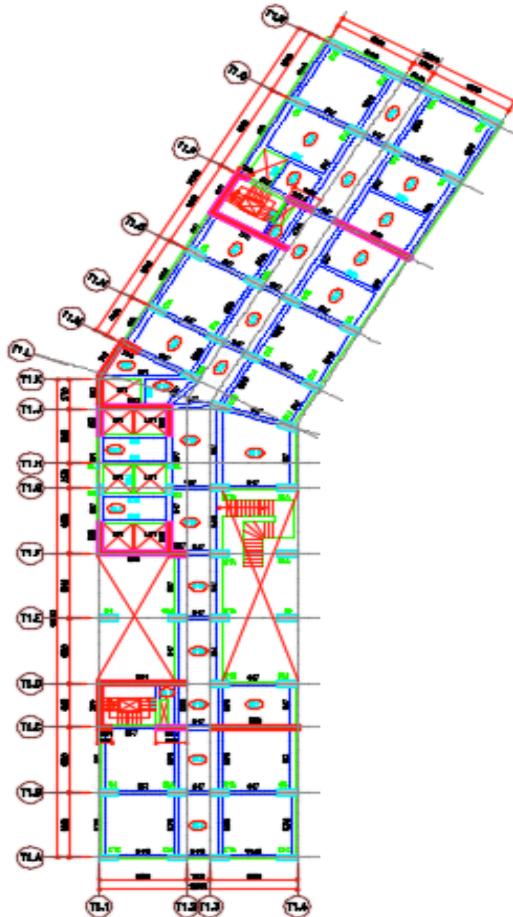
4.5 Tahap Analisa

4.5.1 Analisa Struktur

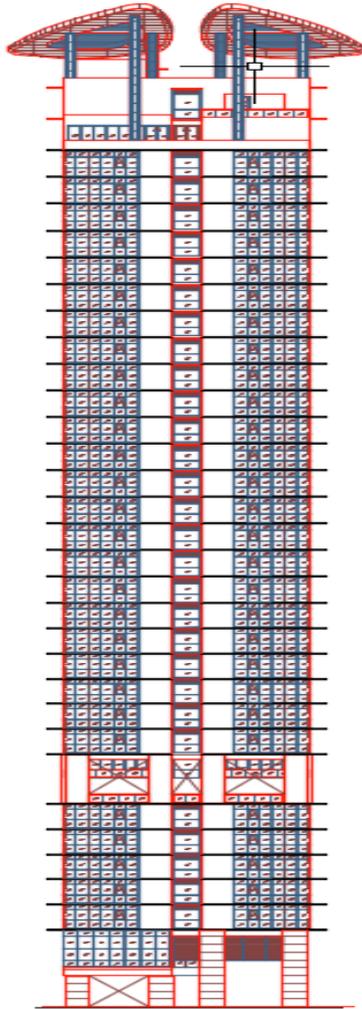
4.5.1.1 Analisa Struktur Desain Awal

SAP 2000 digunakan untuk membantu permodelan struktur. Gambar tampak atas dan tampak samping gedung digunakan untuk melakukan permodelan di SAP 2000, dari gambar tampak atas dan tampak samping diketahui posisi dan dimensi dari kolom, balok,

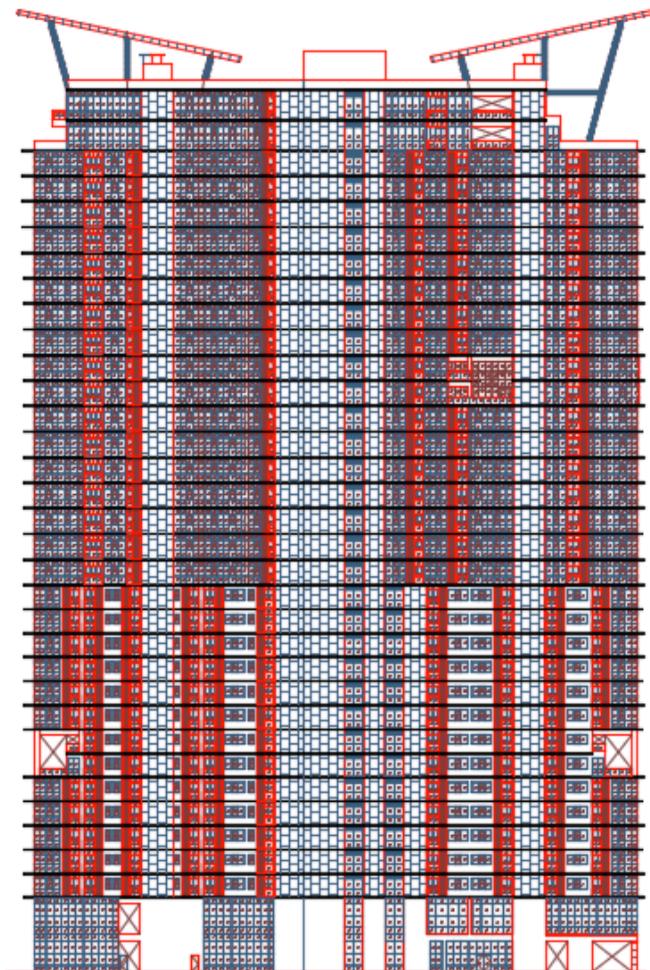
dan pelat. Gambar tampak atas dan tampak samping dapat dilihat pada gambar 4.2, 4.3 dan gambar 4.4.



Gambar 4.2 Denah Balok Utama Proyek (sumber : PT. PP Persero)

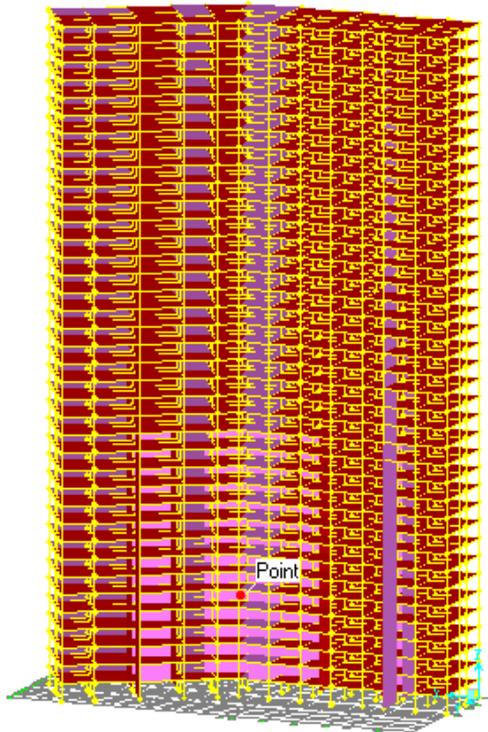


Gambar 4.3 Tampak Samping Gedung Proyek (sumber : PT. PP Persero)



Gambar 4.4 Tampak Samping Gedung Proyek (sumber : PT. PP Persero)

Dengan denah balok utama serta tampak samping gedung sebagai acuan pemodelan struktur, maka dapat dibuat pemodelan struktur menggunakan program bantu SAP2000. Hasil pemodelan struktur dapat dilihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 Pemodelan Struktur (*sumber : SAP2000*)

Setelah pemodelan struktur selesai, maka dilakukan penentuan jenis kolom, balok, pelat dan shearwall. Jenis kolom, jenis balok, jenis pelat dan jenis shearwall yang digunakan secara

berurutan dapat dilihat pada Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.11 Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.8 Jenis kolom Yang Digunakan Pada Desain Awal

KODE	LANTAI	UKURAN	MUTU BETON
KOLOM C1	2 – 3	150/60	Fc' 45
	3 – 9	140/60	Fc' 45
	9 – 15	120/60	Fc' 45
	15 – 17	120/60	Fc' 40
	17 – 26	100/60	Fc' 40
	26 – 36	80/60	Fc' 40
	36 – R	80/60	Fc' 35
KOLOM C2	2 – 15	100/40	Fc' 45
	15 – 26	100/40	Fc' 40
	26 – 33	80/40	Fc' 40
	33 – 36	80/40	Fc' 35
	36 – R	60/40	Fc' 35
KOLOM C3	2 – 3	150/70	Fc' 45
	3 – 9	150/60	Fc' 45
	9 – 15	120/60	Fc' 45
	15 – 17	120/60	Fc' 40
	17 – 26	100/60	Fc' 40
	26 – 33	80/60	Fc' 40
	33 – 36	80/50	Fc' 35
	36 - R	70/50	Fc' 35

(sumber : PT. PP Persero)

Tabel 4.9 Jenis Balok Yang Digunakan Pada Desain Awal

KODE	UKURAN	MUTU BETON
BALOK G58	80/50	Fc' 35
BALOK G4A8	80/45	Fc' 35
BALOK G47	70/40	Fc' 35
BALOK G3A6	60/35	Fc' 35
BALOK G3A5	50/35	Fc' 35

(sumber : PT. PP Persero)

Tabel 4.10 Jenis Pelat Yang Digunakan Pada Desain Awal

KODE	TEBAL	MUTU BETON
PELAT S12	12 cm	Fc' 35
PELAT S15	15 cm	Fc' 35
PELAT S18	18 cm	Fc' 35

(sumber : PT. PP Persero)

Tabel 4.11 Jenis Shearwall Yang Digunakan Pada Desain Awal

KODE	TEBAL	MUTU BETON
SW 1-4	55 cm	Fc' 45
SW 5	55 cm	Fc' 45
SW 6	70 cm	Fc' 45
SW 7	70 cm	Fc' 45
SW 8-9	55 cm	Fc' 45

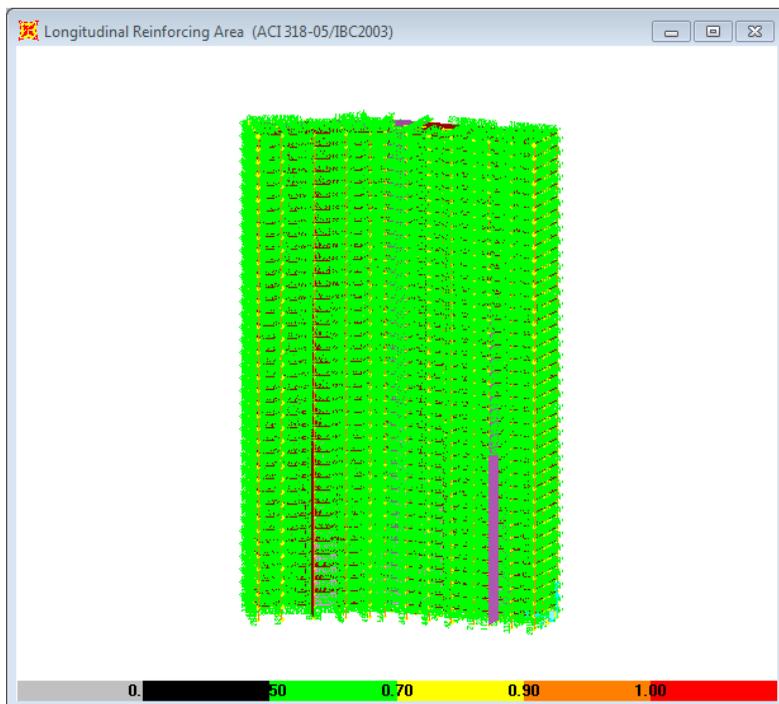
(sumber : PT. PP Persero)

Untuk Beban hidup digunakan beban hidup *apartment* sebesar 200 kg/m, beban hidup yang digunakan sesuai dengan pedoman pembebanan untuk gedung indonesia. Untuk beban angin digunakan 25 kg/m karena letaknya jauh dari pantai. Sedangkan beban gempa digunakan respon spektrum yang ada pada sub bab 2.2.4.

Setelah dilakukan penentuan balok, kolom, dan beban yang pasti ada pada setiap desain awal dan desain alternatif, maka didapat pemodelan struktur yang dapat diberikan beban pada analisa selanjutnya. Pada gambar 4.5 terlihat pemodelan struktur yang telah dapat dilanjutkan pada analisa selanjutnya.

Pemodelan akhir ini adalah pemodelan yang sudah mempunyai beban mati, beban angin, beban gempa berupa spektrum gempa, serta beban hidup pada setiap lantainya. Untuk kombinasi pembebanan dilakukan seperti pada sub bab 2.2.5.

Setelah itu analisa SAP di run untuk melihat apakah struktur yang dibuat kuat untuk menahan beban yang ada.



Gambar 4.6 Cek Struktur Pada Desain Awal (sumber : SAP2000)

Setelah di run, kemudian desain pada SAP di cek dengan menggunakan perintah, Design, Concrete Frame Design, Start Design / Check Of Structure, perintah ini berfungsi untuk mengecek semua beton apakah aman dan bisa digunakan atau tidak, apabila terdapat banyak warna hijau, berarti desain aman digunakan, apabila warna kuning desain tetap bisa digunakan hanya saja tidak seaman jika berwarna hijau, jika berwarna orange atau merah, desain tidak aman dan tidak bisa digunakan. Pada desain awal SAP ini, banyak warna hijau yang keluar pada saat pengecekan, yang menandakan desain ini aman dan bisa digunakan.

4.5.1.2 Analisa Struktur Desain Alternatif 1

Pada desain alternatif 1 ini beton bertulang dinaikkan mutunya menjadi $F'c$ 40 baik pada item pekerjaan pelat dan balok, hal ini dilakukan untuk mengurangi dimensi pelat dan balok sehingga bisa mengurangi pemakaian bekisting sehingga bisa diperoleh penghematan pada item pekerjaan tersebut. Berikut adalah dimensi baru untuk masing – masing pelat dan balok pada desain alternatif 1.

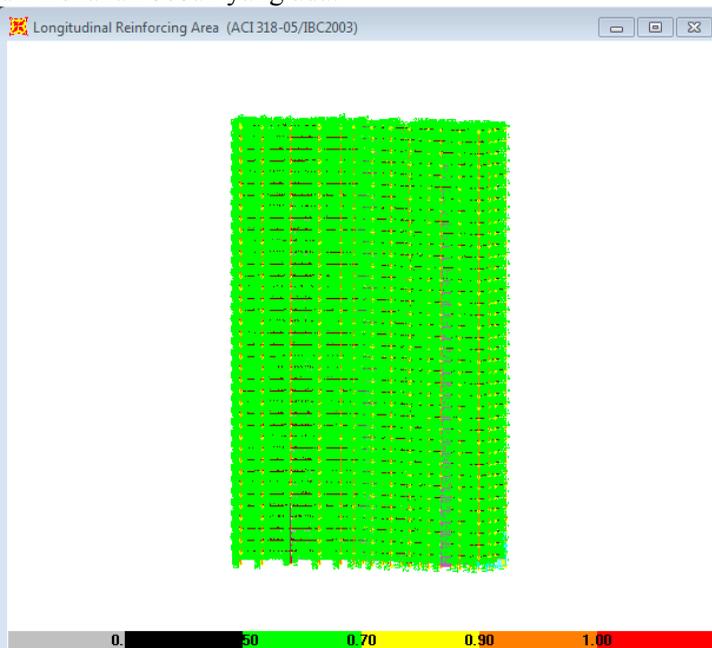
Tabel 4.12 Jenis Balok Yang Digunakan Pada Desain Alternatif 1

KODE	UKURAN	MUTU BETON	UKURAN BARU	MUTU BETON BARU
BALOK G58	80/50	$Fc' 35$	75/45	$Fc' 40$
BALOK G4A8	80/45	$Fc' 35$	75/40	$Fc' 40$
BALOK G47	70/40	$Fc' 35$	65/35	$Fc' 40$
BALOK G3A6	60/35	$Fc' 35$	55/30	$Fc' 40$
BALOK G3A5	50/35	$Fc' 35$	45/30	$Fc' 40$

Tabel 4.13 Jenis Pelat Yang Digunakan Pada Desain Alternatif 1

KODE	TEBAL	MUTU BETON	TEBAL BARU	MUTU BETON BARU
PELAT S12	12 cm	Fc' 35	12 cm	Fc' 35
PELAT S15	15 cm	Fc' 35	12 cm	Fc' 40
PELAT S18	18 cm	Fc' 35	15 cm	Fc' 40

Setelah didapatkan dimensi baru, dimensi pada desain awal diganti dengan dimensi desain alternatif 1 dan dinaikkan mutu betonnya, setelah itu analisa SAP di run dengan beban yang sama dengan desain awal untuk melihat apakah struktur yang dibuat kuat untuk menahan beban yang ada.



Gambar 4.7 Cek Struktur Pada Desain Alternatif 1 (*sumber : SAP2000*)

Setelah di run, kemudian desain pada SAP di cek dengan menggunakan perintah, Design, Concrete Frame Design, Start

Design / Check Of Structure, pada desain alternatif 1 ini, yaitu menaikkan mutu beton menjadi F'c 40, banyak warna hijau yang keluar pada saat pengecekan, yang menandakan desain ini aman dan bisa digunakan.

4.5.1.3 Analisa Struktur Desain Alternatif 2

Pada desain alternatif 2 ini menggunakan beton precast baik pada item pekerjaan pelat dan balok, hal ini dilakukan untuk menghilangkan pemakaian bekisting sehingga bisa diperoleh penghematan pada item pekerjaan tersebut. Berikut adalah dimensi baru untuk masing – masing pelat dan balok pada desain alternatif 2.

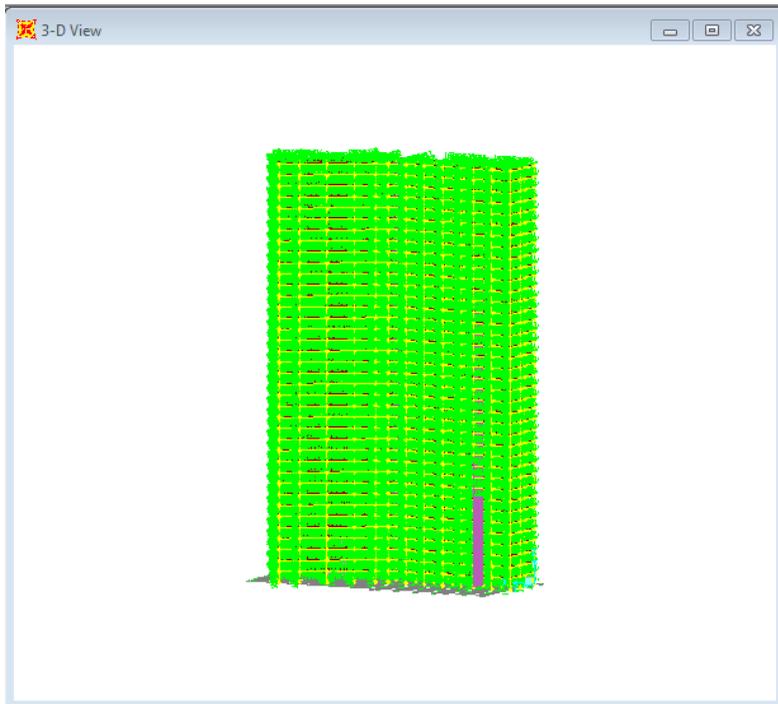
Tabel 4.14 Jenis Balok Yang Digunakan Pada Desain Alternatif 2

KODE	UKURAN	MUTU BETON	UKURAN BARU	MUTU BETON BARU
BALOK G58	80/50	Fc' 35	75/45	Fc' 40
BALOK G4A8	80/45	Fc' 35	75/40	Fc' 40
BALOK G47	70/40	Fc' 35	65/35	Fc' 40
BALOK G3A6	60/35	Fc' 35	55/30	Fc' 40
BALOK G3A5	50/35	Fc' 35	45/30	Fc' 40

Tabel 4.15 Jenis Pelat Yang Digunakan Pada Desain Alternatif 2

Berat jenis kering (\bar{I})(kg/m ³)	660
Berat jenis normal (\bar{I})(kg/m ³)	780
Kuat tekan (\bar{A} ')(N/kg ²)	6,2
Konduktivitas Termis (\bar{I} »)(W/mK)	0,2
Tebal Pelat (cm)	12,5

Setelah didapatkan dimensi baru, dimensi pada desain awal diganti dengan dimensi desain alternatif 2 dan dirubah mutu betonnya sesuai mutu beton precast, setelah itu analisa SAP di run dengan beban yang sama dengan desain awal untuk melihat apakah struktur yang dibuat kuat untuk menahan beban yang ada.



Gambar 4.8 Cek Struktur Pada Desain Alternatif 2
(sumber : SAP2000)

Setelah di run, kemudian desain pada SAP di cek dengan menggunakan perintah, Design, Concrete Frame Design, Start Design / Check Of Structure, pada desain alternatif 2 ini, yaitu dengan menggunakan beton precast, banyak warna hijau yang keluar pada saat pengecekan, yang menandakan desain ini aman dan bisa digunakan.

4.5.2 Analisa Keuntungan Dan Kerugian

Analisa keuntungan dan kerugian digunakan untuk melakukan perbandingan desain awal dan alternatif penggantinya dalam segi keuntungan dan kerugian, hal ini berfungsi untuk mempermudah pengambilan keputusan pada tahap Analisa AHP

(*Analytical Hierarchy Process*) untuk mendapatkan pilihan yang terbaik. Analisa keuntungan dan kerugian pada penelitian ini didapat dari wawancara dengan PT Adhimix Precast Indonesia dan PT Hebel Indonesia. Analisa keuntungan dan kerugian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Untuk analisa keuntungan dan kerugian item pekerjaan pelat desain awal bisa dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Analisa Keuntungan Kerugian Pelat Desain Awal

Item Pekerjaan: Pelat	
Desain awal (Beton Bertulang Cor In Situ Fc' 35)	
Keuntungan	Kerugian
Sambungan lebih menyatu sehingga lebih kuat	Waktu pelaksanaan konstruksi lebih lama disbanding dengan menggunakan precast
	Cuaca sangat berpengaruh pada saat pengerjaan

Untuk analisa keuntungan dan kerugian item pekerjaan pelat desain alternatif 1 bisa dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Analisa Keuntungan Kerugian Pelat Alternatif 1
(Menaikkan Mutu Beton)

Item Pekerjaan: Pelat	
Alternatif 1 (Beton Bertulang Cor In Situ Fc' 40)	
Keuntungan	Kerugian
Karena mutu lebih tinggi, dimensi bisa berkurang sehingga lebih murah dan mengurangi volume	Waktu pelaksanaan konstruksi lebih lama disbanding dengan menggunakan precast
Sambungan lebih menyatu sehingga lebih kuat	Cuaca sangat berpengaruh pada saat pengerjaan

Untuk analisa keuntungan dan kerugian item pekerjaan pelat desain alternatif 2 bisa dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Analisa Keuntungan Kerugian Pelat Alternatif 2 (Precast)

Item Pekerjaan: Pelat Alternatif 2 (Beton Precast)	
Keuntungan	Kerugian
Waktu pengerjaan lebih cepat	Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi
Pelaksanaan lebih mudah	Diperlukan tempat yang luas di proyek untuk tempat menyimpan sementara
Pengerjaan lebih rapi dan bersih	
Tidak menggunakan bekisting	
Tidak terpengaruh oleh cuaca, karena dibuat ditempat terpisah dari proyek	

Untuk analisa keuntungan dan kerugian item pekerjaan balok desain awal bisa dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Analisa Keuntungan Kerugian Balok Desain Awal

Item Pekerjaan: Balok Desain Awal (Beton Bertulang Cor In Situ Fc' 35)	
Keuntungan	Kerugian
Sambungan lebih menyatu sehingga lebih kuat	Waktu pelaksanaan konstruksi lebih lama dibanding dengan menggunakan precast

	Cuaca sangat berpengaruh pada saat pengerjaan
--	---

Untuk analisa keuntungan dan kerugian item pekerjaan balok desain alternatif 1 bisa dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Analisa Keuntungan Kerugian Balok Alternatif 1 (Menaikkan Mutu Beton)

Item Pekerjaan: Balok	
Alternatif 1 (Beton Bertulang Cor In Situ Fc' 40)	
Keuntungan	Kerugian
Karena mutu lebih tinggi, dimensi bisa berkurang sehingga lebih murah dan mengurangi volume dan pemakaian bekisting	Waktu pelaksanaan konstruksi lebih lama dibanding dengan menggunakan precast
Sambungan lebih menyatu sehingga lebih kuat	Cuaca sangat berpengaruh pada saat pengerjaan

Untuk analisa keuntungan dan kerugian item pekerjaan balok desain alternatif 2 bisa dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.21 Analisa Keuntungan Kerugian Balok Alternatif 2 (Precast)

Item Pekerjaan: Balok	
Alternatif 2 (Beton Precast)	
Keuntungan	Kerugian
Waktu pengerjaan lebih cepat	Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi
Pelaksanaan lebih mudah	Diperlukan tempat yang luas di proyek untuk tempat menyimpan sementara

Pengerjaan lebih rapi dan bersih	
Tidak menggunakan bekisting	
Tidak terpengaruh oleh cuaca, karena dibuat ditempat terpisah dari proyek	

4.5.3 Analisa Life Cycle Cost

Analisa LCC dilakukan pada alternatif yang telah melalui tahap seleksi keuntungan dan kerugian. LCC memiliki beberapa hal yang diperlukan diantaranya biaya awal, biaya perawatan, biaya penggantian dan nilai sisa. Semua biaya kemudian ditarik kembali kepada biaya sekarang. Biaya perawatan pada beton konvensional sebesar 1% / 2 tahun, sedangkan pada beton precast sebesar 1,5% / 2 tahun. Biaya penggantian pada beton konvensional sebesar 2% / 5 tahun, sedangkan pada beton precast sebesar 2,5% / 5 tahun. Total biaya merupakan total biaya dari item pekerjaan desain awal, alternatif 1 dan alternatif 2, total biaya ini diperoleh dari menghitung volume item pekerjaan pada alternatif 1 dan alternatif 2 kemudian dikali dengan biaya pekerjaan /m³ nya. Pekerjaan beton Fc'35 pada alternatif 1 adalah beton pada lantai basement 1 – lantai ground, dan pekerjaan bekisting dan pembesian pada alternatif 1 adalah pekerjaan bekisting dan pekerjaan pembesian dari lantai basement 1 – lantai atap, sementara pada alternatif 2, pekerjaan beton Fc'35, pekerjaan bekisting dan pekerjaan pembesian adalah pekerjaan pada lantai basement 1 – lantai ground. Total biaya pada desain awal diperoleh dari RAB, pada alternatif 2 yaitu dengan menggunakan precast, harga satuan diperoleh dari survey ke adhi precast dan hebel Indonesia, harga satuan ini sudah termasuk biaya pengiriman dan pemasangan, total biaya ini dibandingkan untuk memperoleh mana yang memiliki biaya paling minimum dan mana yang memiliki biaya maksimum, perbandingan ini nantinya akan dijadikan salah satu kriteria

penilaian pada tahap Analisa AHP (*Analitycal Hierarchy Process*).

Untuk total biaya item pekerjaan pelat desain awal bisa dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Pelat Desain Awal

No.	Pekerjaan Pelat Desain Awal			Total
	Item	Kebutuhan	Harga Satuan	
1.	Beton Fc'35	7.979,28 m3	Rp 1.058.960 /m3	Rp 8.479.720.610
3.	Bekisting	39.682,26 m2	Rp 139.800 /m2	Rp 5.547.580.120
4.	Pembesian	792.320,53 kg	Rp 10.280 /kg	Rp 8.145.055.039
Total				Rp 22.172.355.768

Untuk Life Cycle Cost item pekerjaan pelat desain awal bisa dilihat pada tabel 4.23, biaya perawatan pada beton konvensional sebesar 1% biaya awal / 2 tahunnya, dan biaya penggantian sebesar 2% biaya awal / 5 tahunnya, dan tidak mempunyai nilai sisa dengan umur ekonomis 30 tahun.

Tabel 4.23 Tabel LCC Pekerjaan Pelat Desain Awal

Tahap Analisa		
Analisa Life Cycle Cost		
Item: Pekerjaan Pelat Desain Awal		
Umur Ekonomis: 30 tahun		
No	Jenis Biaya	Desain Awal
1	Biaya awal	Rp 22.172.355.768
2	Biaya perawatan sebesar 1% / 2 tahun	Rp 3.325.853.365
3	Biaya penggantian sebesar 2% / 5 tahun	Rp 2.660.682.692
4	Nilai Sisa	0
Total PV		Rp 28.158.891.825

Untuk total biaya item pekerjaan pelat desain alternatif 1 bisa dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4.24 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 1

No.	Pekerjaan Pelat Alternatif 1			
	Item	Kebutuhan	Harga Satuan	Total
1.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	4.735.26 m3	Rp 1.058.960 /m3	Rp 5.014.450.930
2.	Beton Fc'40 (lantai 2 – lantai atap)	2.461,10 m3	Rp 1.090.960 /m3	Rp 2.685136210
3.	Bekisting	39.682,26 m2	Rp 139.800 /m2	Rp 5.547.580.120
4.	Pembesian	792.320,53 kg	Rp 10.280 /kg	Rp 8.145.055.039
Total				Rp 21.392.222.230

Untuk Life Cycle Cost item pekerjaan pelat desain alternatif 1 bisa dilihat pada tabel 4.25, biaya perawatan pada beton konvensional sebesar 1% biaya awal / 2 tahunnya, dan biaya penggantian sebesar 2% biaya awal / 5 tahunnya, dan tidak mempunyai nilai sisa dengan umur ekonomis 30 tahun.

Tabel 4.25 Tabel LCC Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 1

Tahap Analisa		
Analisa Life Cycle Cost		
Item: Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 1		
Umur Ekonomis: 30 tahun		
No	Jenis Biaya	Alternatif 1
1	Biaya awal	Rp 21.392.222.230
2	Biaya perawatan sebesar 1% / tahun	Rp 3.208.833.335
3	Biaya penggantian sebesar 2% / 5 tahun	Rp 2.567.066.668
4	Nilai Sisa	0
Total PV		Rp 27.168.122.232

Untuk total biaya item pekerjaan pelat desain alternatif 1 bisa dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.26 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 2

No.	Pekerjaan Pelat Alternatif 2			
	Item	Kebutuhan	Harga Satuan	Total
1.	Beton Precast (lantai 2 – lantai atap)	4.943,44 m ³	Rp 2.500.000	Rp 12.358.600.000
2.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	2.391,56 m ³	Rp 1.058.960 /m ³	Rp 2.532.566.378
3.	Bekisting	11.372,68 m ²	Rp 139.800 /m ²	Rp 1.589.900.664
4.	Pembesian	258.190,03 kg	Rp 10.280 /kg	Rp 2.654.193.508
Total				Rp 19.135.260.550

Untuk Life Cycle Cost item pekerjaan pelat desain alternatif 2 bisa dilihat pada tabel 4.27, biaya perawatan pada beton precast sebesar 1,5% biaya awal / 2 tahunnya, dan biaya penggantian sebesar 2,5% biaya awal / 5 tahunnya, dan tidak mempunyai nilai sisa dengan umur ekonomis 30 tahun.

Tabel 4.27 Tabel LCC Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 2

Tahap Analisa		
Analisa Life Cycle Cost		
Item: Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 2		
Umur Ekonomis: 30 tahun		
No	Jenis Biaya	Alternatif 2
1	Biaya awal	Rp 19.172.355.768
2	Biaya perawatan sebesar 1,5% / tahun	Rp 4.313.780.048
3	Biaya penggantian sebesar 2,5% / 5 tahun	Rp 2.875.853.365
4	Nilai Sisa	0
Total PV		Rp 26.361.989.181

Rekapitulasi Life Cycle Cost pada item pekerjaan pelat bisa dilihat pada tabel 4.28.

Tabel 4.28 Tabel Rekapitulasi LCC Item Pekerjaan Pelat

Total Biaya Item Pekerjaan Pelat		
Desain Awal	Alternatif 1	Alternatif 2
Rp 28.158.891.825	Rp 27.168.122.232	Rp 26.361.989.181

Untuk total biaya item pekerjaan balok desain awal bisa dilihat pada tabel 4.29.

Tabel 4.29 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Balok Desain Awal

No.	Pekerjaan Balok Desain Awal			
	Item	Kebutuhan	Harga Satuan	Total
1.	Beton Fc'35	4.207,88 m ³	Rp 1.058.960 /m ³	Rp 4.455.978.339
3.	Bekisting	27.589,25 m ²	Rp 139.800 /m ²	Rp 3.856.976.862
4.	Pembesian	782.820,65 kg	Rp 10.280 /kg	Rp 8.047.396.267
Total				Rp 16.360.351.468

Untuk Life Cycle Cost item pekerjaan balok desain awal bisa dilihat pada tabel 4.30, biaya perawatan pada beton konvensional sebesar 1% biaya awal / 2 tahunnya, dan biaya penggantian sebesar 2% biaya awal / 5 tahunnya, dan tidak mempunyai nilai sisa dengan umur ekonomis 30 tahun.

Tabel 4.30 Tabel LCC Pekerjaan Balok Desain Awal

Tahap Analisa		
Analisa Life Cycle Cost		
Item: Pekerjaan Balok Desain Awal		
Umur Ekonomis: 30 tahun		
No	Jenis Biaya	Desain Awal
1	Biaya awal	Rp. 16.360.351.468
2	Biaya perawatan sebesar 1% / 2 tahun	Rp 2.454.052.720
3	Biaya penggantian sebesar 2% / 5 tahun	Rp 1.963.242.176
4	Nilai Sisa	0
Total PV		Rp 20.777.646.364

Untuk total biaya item pekerjaan balok desain alternatif 1 bisa dilihat pada tabel 4.31.

Tabel 4.31 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Balok Desain Alternatif 1

No.	Pekerjaan Balok Alternatif 1			
	Item	Kebutuhan	Harga Satuan	Total
1.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	606,18 m3	Rp 1.058.960 /m3	Rp 641.920.372
2.	Beton Fc'40 (lantai 2 – lantai atap)	3.128,47 m3	Rp 1.090.960 /m3	Rp 3.413.035.631
3.	Bekisting	26.022,92 m2	Rp 139.800	Rp 3.638.004.216
4.	Pembesian	782.820,65 kg	Rp 10.280	Rp 8.047.396.267
Total				Rp 15.740.356.496

Untuk Life Cycle Cost item pekerjaan balok desain alternatif 1 bisa dilihat pada tabel 4.32, biaya perawatan pada beton konvensional sebesar 1% biaya awal / 2 tahunnya, dan biaya penggantian sebesar 2% biaya awal / 5 tahunnya, dan tidak mempunyai nilai sisa dengan umur ekonomis 30 tahun.

Tabel 4.32 Tabel LCC Pekerjaan Balok Desain Alternatif 1

Tahap Analisa		
Analisa Life Cycle Cost		
Item: Pekerjaan Balok Desain Alternatif 1		
Umur Ekonomis: 30 tahun		
No	Jenis Biaya	Alternatif 1
1	Biaya awal	Rp 15.740.356.496
2	Biaya perawatan sebesar 1% / 2 tahun	Rp 2.361.053.474
3	Biaya penggantian sebesar 2% / 5 tahun	Rp 1.888.842.780
4	Nilai Sisa	0
Total PV		Rp 19.990.252.750

Untuk total biaya item pekerjaan balok desain alternatif 2 bisa dilihat pada tabel 4.33.

Tabel 4.33 Tabel Total Biaya Item Pekerjaan Balok Desain Alternatif 2

No.	Pekerjaan Balok Alternatif 2			
	Item	Volume (m3)	Harga Satuan	Total
1.	Beton Precast (lantai 2 – lantai atap)	3.128,47	Rp 4.400.000	Rp 13.765.268.000
2.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	606,18 m3	Rp 1.058.960 /m3	Rp 641.920.372
3.	Bekisting	3258,92 m2	Rp 139.800 /m2	Rp 455.597.016
4.	Pembesian	124.366,8 5 kg	Rp 10.280 /kg	Rp 1.278.491.218
Total				Rp 16.141.276.616

Untuk Life Cycle Cost item pekerjaan balok desain alternatif 2 bisa dilihat pada tabel 4.34, biaya perawatan pada beton precast sebesar 1,5% biaya awal / 2 tahunnya, dan biaya penggantian sebesar 2,5% biaya awal / 5 tahunnya, dan tidak mempunyai nilai sisa dengan umur ekonomis 30 tahun.

Tabel 4.34 Tabel LCC Pekerjaan Balok Desain Alternatif 2

Tahap Analisa		
Analisa Life Cycle Cost		
Item: Pekerjaan Balok Desain Awal		
Umur Ekonomis: 30 tahun		
No	Jenis Biaya	Alternatif 2
1	Biaya awal	Rp 16.141.276.616
2	Biaya perawatan sebesar 1,5% / 2 tahun	Rp 3.631.787.239

3	Biaya penggantian sebesar 2,5% / 5 tahun	Rp 2.421.191.492
4	Nilai Sisa	0
Total PV		Rp 22.194.255.347

Rekapitulasi Life Cycle Cost pada item pekerjaan balok bisa dilihat pada tabel 4.35.

Rekapitulasi Life Cycle Cost pada item pekerjaan balok bisa dilihat pada tabel 4.35.

Tabel 4.35 Tabel Rekapitulasi LCC Item Pekerjaan Balok

Total Biaya Item Pekerjaan Balok		
Desain Awal	Alternatif 1	Alternatif 2
Rp 20.777.646.364	Rp 19.990.252.750	Rp 22.194.255.347

4.5.4 Analytical Hierarchy Process

Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah teknik untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang bertujuan untuk menentukan pilihan terbaik dari beberapa alternatif yang diperoleh. Berikut adalah tahapan dari *Analytic Hierarchy Process* (AHP):

1. Menentukan Pohon Kriteria

Untuk menentukan pemilihan alternatif dibentuk hierarki keputusan yang terdiri dari 3 level. Level 1 adalah tujuan, level 2 adalah kriteria, dan level 3 alternatif.

2. Menentukan Bobot Kriteria

Menentukan bobot kriteria dilakukan dengan menggunakan matrik perbandingan antar kriteria, dengan menggunakan skala perbandingan 1-9 untuk membandingkan antar kriteria. Berikut adalah skala penilaian pembandingan beserta keterangannya.

Tabel 4.36 Tabel Bobot Penilaian Kriteria

Bobot (A dan B)	Keterangan
1	Antara A dan B sama pentingnya
3	A sedikit lebih penting dibanding B
5	A lebih penting dibanding B
7	A jauh lebih penting dibanding B
9	A sangat lebih penting dibanding B

3. Menentukan Bobot Alternatif Berdasarkan Kriteria

Menentukan bobot alternatif dilakukan dengan menggunakan matrik perbandingan antar kriteria dengan alternatif, dengan menggunakan skala perbandingan 1-9 untuk membandingkan antar alternatif. Berikut adalah skala penilaian pembanding beserta keterangannya.

Tabel 4.37 Tabel Bobot Penilaian Alternatif

Bobot (A dan B)	Keterangan
1	Antara A dan B sama bagusnya
3	A sedikit lebih bagus dibanding B
5	A lebih bagus dibanding B
7	A jauh lebih bagus dibanding B
9	A sangat lebih bagus dibanding B

4. Hasil

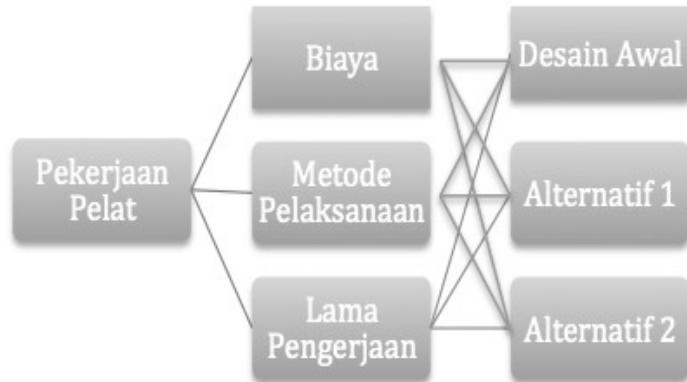
Hasil matrik perbandingan kriteria dan alternatif akan dilakukan penilaian dengan bobot keseluruhan, alternatif dengan nilai tertinggi akan menjadi alternatif pengganti terbaik.

Penentuan kriteria skala penilaian didapatkan dari kuisisioner yang diberikan penulis kepada PT PP yang mengacu pada perbandingan biaya total dari item pekerjaan dan analisa keuntungan dan kerugian masing – masing item pekerjaan. Berikut adalah biodata responden:

Nama Responden = Joko Raharjo
 Pekerjaan = Project Manager PT. PP
 Pengalaman Kerja = 16 Tahun
 Pendidikan Terakhir = S1

4.5.4.1 *Analitycal Hierarchy Process* Pekerjaan Pelat

1. Pohon Hirarki



Gambar 4.9 Pohon Hirarki Pekerjaan Pelat

2. Pembobotan Kriteria

Pelat berfungsi untuk menerima beban terbagi rata yang selanjutnya diteruskan ke balok dan kemudian diteruskan ke kolom. Karena tingginya biaya pembangunan, dan keinginan untuk melakukan penghematan, maka faktor biaya menjadi faktor yang paling penting. Lama pengerjaan menjadi kriteria yang paling penting kedua, karena semakin cepat bangunan selesai dibangun maka akan semakin cepat pula bangunan tersebut bisa segera digunakan sehingga menguntungkan kontraktor karena bisa segera mengerjakan proyek baru dan menguntungkan juga bagi pemilik karena bangunan bisa segera dipakai. Pembobotan

Tabel 4.38 Pembobotan Kriteria Pekerjaan Pelat

TUJUAN	Biaya	Metode Pelaksanaan	Lama Pengerjaan
Biaya	1.000	5.000	5.000
Metode Pelaksanaan	0.200	1.000	0.333
Lama Pengerjaan	0.200	3.000	1.000
TOTAL	1.400	9.000	6.333

Untuk sintesa pembobotan kriteria pekerjaan pelat bisa dilihat pada tabel 4.39.

Tabel 4.39 Sintesa Pembobotan Kriteria Pekerjaan Pelat

TUJUAN	Biaya	Metode Pelaksanaan	Lama Pengerjaan	TOTAL	BOBOT
Biaya	0.714	0.556	0.789	2.059	0.686
Metode Pelaksanaan	0.143	0.111	0.053	0.307	0.102
Lama Pengerjaan	0.143	0.333	0.158	0.634	0.211
					1

3. Penilaian Alternatif Menurut Bobot Kriteria

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria biaya bisa dilihat pada tabel 4.40

Tabel 4.40 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Biaya

BIAYA	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast
Desain Awal f'c 35	1.000	0.333	0.200
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	3.000	1.000	0.333
Precast	5.000	3.000	1.000
TOTAL	9.000	4.333	1.533

Untuk sintesa pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria biaya bisa dilihat pada tabel 4.41

Tabel 4.41 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Biaya

BIAYA	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast	TOTAL	BOBOT

Desain Awal f'c 35	0.111	0.077	0.130	0.318	0.106
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	0.333	0.231	0.217	0.781	0.260
Precast	0.556	0.692	0.652	1.900	0.633
					1

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria metode pelaksanaan bisa dilihat pada tabel 4.42.

Tabel 4.42 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan

METODE PELAKSANAAN	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast
Desain Awal f'c 35	1.000	1.000	0.200
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	1.000	1.000	0.200
Precast	5.000	5.000	1.000
TOTAL	7.000	7.000	1.400

Sintesa pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria metode pelaksanaan bisa dilihat pada tabel 4.43.

Tabel 4.43 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan

METODE PELAKSANAAN	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast	TOTAL	BOBOT
Desain Awal f'c 35	0.143	0.143	0.143	0.429	0.143
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	0.143	0.143	0.143	0.429	0.143
Precast	0.714	0.714	0.714	2.143	0.714
					1

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria lama pengerjaan bisa dilihat pada tabel 4.44.

Tabel 4.44 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Lama Pengerjaan

LAMA Pengerjaan	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast
Desain Awal f'c 35	1.000	1.000	0.200
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	1.000	1.000	0.200
Precast	5.000	5.000	1.000
TOTAL	7.000	7.000	1.400

Untuk sintesa pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria lama pengerjaan bisa dilihat pada tabel 4.45

Tabel 4.45 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Lama Pengerjaan

LAMA Pengerjaan	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast	TOTAL	BOBOT
Desain Awal f'c 35	0.143	0.143	0.143	0.429	0.143
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	0.143	0.143	0.143	0.429	0.143
Precast	0.714	0.714	0.714	2.143	0.714
					1

4. Sintesa Penilaian Alternatif Dengan Kriteria

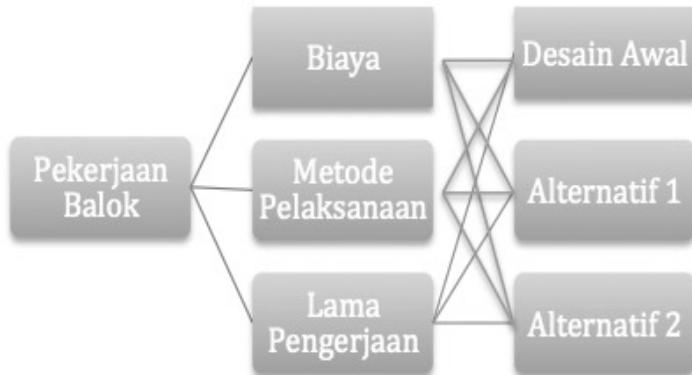
Dari hasil sintesa penilaian alternatif dengan kriteria didapatkan hasil perhitungan AHP, dimana alternatif yang memiliki nilai tertinggi menjadi alternatif pengganti terbaik.

Tabel 4.46 Hasil AHP Alternatif Pekerjaan Pelat

TUJUAN	BOBOT	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast
Biaya	0.686	0.073	0.179	0.435
Metode Pelaksanaan	0.102	0.015	0.015	0.073
Lama Pengerjaan	0.211	0.030	0.030	0.151
TOTAL	1.000	0.118	0.224	0.659
Persentase		12%	22%	66%

4.5.4.2 Analytical Hierarchy Process Pekerjaan Balok

1. Pohon Hirarki



Gambar 4.10 Pohon Hirarki Pekerjaan Balok

2. Pembobotan Kriteria

Balok berfungsi untuk menerima beban dari pelat untuk seterusnya diteruskan ke kolom. Karena tingginya biaya pembangunan, dan keinginan untuk melakukan penghematan, maka faktor biaya menjadi faktor yang paling penting. Lama pengerjaan menjadi kriteria yang paling penting kedua, karena semakin cepat bangunan selesai dibangun maka akan semakin cepat pula

bangunan tersebut bisa segera digunakan sehingga menguntungkan kontraktor karena bisa segera mengerjakan proyek baru dan menguntungkan juga bagi pemilik karena bangunan bisa segera dipakai.

Untuk pembobotan kriteria pekerjaan balok bisa dilihat pada tabel 4.47.

Tabel 4.47 Pembobotan Kriteria Pekerjaan Balok

TUJUAN	Biaya	Metode Pelaksanaan	Lama Pengerjaan
Biaya	1.000	5.000	5.000
Metode Pelaksanaan	0.333	1.000	0.333
Lama Pengerjaan	0.200	3.000	1.000
TOTAL	1.533	9.000	6.333

Untuk sintesa pembobotan kriteria pekerjaan balok bisa dilihat pada tabel 4.48.

Tabel 4.48 Sintesa Pembobotan Kriteria Pekerjaan Balok

	Biaya	Metode Pelaksanaan	Lama Pengerjaan	TOTAL	BOBOT
Biaya	0.714	0.556	0.789	2.059	0.686
Metode Pelaksanaan	0.143	0.111	0.053	0.307	0.102
Lama Pengerjaan	0.143	0.333	0.158	0.634	0.211
					1

3. Penilaian Alternatif Menurut Bobot Kriteria

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan balok berdasarkan kriteria biaya bisa dilihat pada tabel 4.49.

Tabel 4.49 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Biaya

BIAYA	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast
Desain Awal f'c 35	1.000	0.200	3.000
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	5.000	1.000	3.000
Precast	0.333	0.333	1.000
TOTAL	9.000	1.533	4.333

Untuk sintesa pembobotan alternatif pekerjaan balok berdasarkan kriteria biaya bisa dilihat pada tabel 4.50

Tabel 4.50 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Biaya

BIAYA	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast	TOTAL	BOBOT
Desain Awal f'c 35	0.158	0.130	0.429	0.717	0.239
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	0.789	0.652	0.429	1.870	0.623
Precast	0.053	0.217	0.143	0.413	0.138
					1

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan balok berdasarkan kriteria metode pelaksanaan bisa dilihat pada tabel 4.51

Tabel 4.51 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan

METODE PELAKSANAAN	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast
Desain Awal f'c 35	1.000	1.000	0.200
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	1.000	1.000	0.200
Precast	5.000	5.000	1.000
TOTAL	7.000	7.000	1.400

Untuk sintesa pembobotan alternatif pekerjaan balok berdasarkan kriteria metode pelaksanaan bisa dilihat pada tabel 4.52.

Tabel 4.52 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan

METODE PELAKSA NAAN	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast	TOTAL	BOBOT
Desain Awal f'c 35	0.143	0.143	0.143	0.429	0.143
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	0.143	0.143	0.143	0.429	0.143
Precast	0.714	0.714	0.714	2.143	0.714
					1

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan balok berdasarkan kriteria lama pengerjaan bisa dilihat pada tabel 4.53

Tabel 4.53 Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Lama Pengerjaan

	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast
Desain Awal f'c 35	1.000	1.000	0.200
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	1.000	1.000	0.200
Precast	5.000	5.000	1.000
TOTAL	7.000	7.000	1.400

Untuk sintesa pembobotan alternatif pekerjaan balok berdasarkan kriteria lama pengerjaan bisa dilihat pada tabel 4.54

Tabel 4.54 Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Balok Berdasarkan Kriteria Lama Pengerjaan

	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast	TOTAL	BOBOT
Desain Awal f'c 35	0.143	0.143	0.143	0.429	0.143
Menaikkan Mutu Menjadi f'c 40	0.143	0.143	0.143	0.429	0.143
Precast	0.714	0.714	0.714	2.143	0.714
					1

4. Sintesa Penilaian Alternatif Dengan Kriteria

Dari hasil sintesa penilaian alternatif dengan kriteria didapatkan hasil perhitungan AHP, dimana alternatif yang memiliki nilai tertinggi menjadi alternatif pengganti terbaik. Hasil AHP alternatif pekerjaan balok bisa dilihat pada tabel 4.55

Tabel 4.55 Hasil AHP Alternatif Pekerjaan Balok

	BOBOT	Desain Awal f'c35	Menaikkan mutu menjadi f'c 40	Precast
Biaya	0.686	0.164	0.428	0.094
Metode Pelaksanaan	0.102	0.015	0.015	0.073
Lama Pengerjaan	0.211	0.030	0.030	0.151
TOTAL	1.000	0.209	0.473	0.318
Persentase		21%	47%	32%

4.5.5 Tahap Rekomendasi

Pada tahap rekomendasi dilakukan perkomendasi desain baru berdasarkan alternatif yang terpilih. Pada item pekerjaan pelat, desain yang terpilih adalah alternatif 2 yaitu precast, sedangkan

pada item pekerjaan balok desain yang terpilih adalah alternatif 1, yaitu menaikkan mutu beton menjadi F'c 40. Tabel tahap rekomendasi pekerjaan pelat dan balok bisa dilihat pada tabel 4.56 dan 4.57

Tabel 4.56 Tabel Tahap Rekomendasi Pekerjaan Pelat

Tahap Rekomendasi		
Item: Pekerjaan Pelat		
Jenis	Uraian	Biaya
Desain Awal	Beton Bertulang F'c 35	Rp 28.158.891.825
Desain Alternatif Terpilih	Precast	Rp 26.361.989.181
Penghematan		Rp 1.796.902.644

Tabel 4.57 Tabel Tahap Rekomendasi Pekerjaan Balok

Tahap Rekomendasi		
Item: Pekerjaan Balok		
Jenis	Uraian	Biaya
Desain Awal	Beton Bertulang F'c 35	Rp 20.777.646.364
Desain Alternatif Terpilih	Beton Bertulang F'c 40	Rp 19.990.252.750
Penghematan		Rp 787.393.614

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang sudah dilakukan bisa disimpulkan bahwa:

1. Item pekerjaan yang dilakukan *value engineering* adalah pekerjaan struktur, yaitu pekerjaan pelat dan pekerjaan balok.
2. Alternatif pengganti terbaik untuk item pekerjaan tersebut adalah:
 - Untuk item pekerjaan pelat alternatif pengganti yang terpilih adalah alternatif 2 yaitu dengan menggunakan precast
 - Untuk item pekerjaan balok alternatif pengganti yang terpilih adalah alternatif 1 yaitu menaikkan mutu beton menjadi f'c 40.
3. Besarnya penghematan yang diperoleh dari analisa yang dilakukan sebesar:
 - Rp 1.796.902.644 untuk item pekerjaan pelat atau 6,38% dari item pekerjaan pelat desain awal.
 - Rp 787.393.614 untuk item pekerjaan balok atau 3,78% dari item pekerjaan balok desain awal.

5.2 Saran

Dimensi Balok yang berkurang dan ringannya berat jenis pelat precast yang digunakan membuat berat total struktur berkurang, hal ini bisa membuat dimensi tiang pancang juga berkurang, hal ini membuat pondasi juga punya potensi untuk dilakukan penghematan.

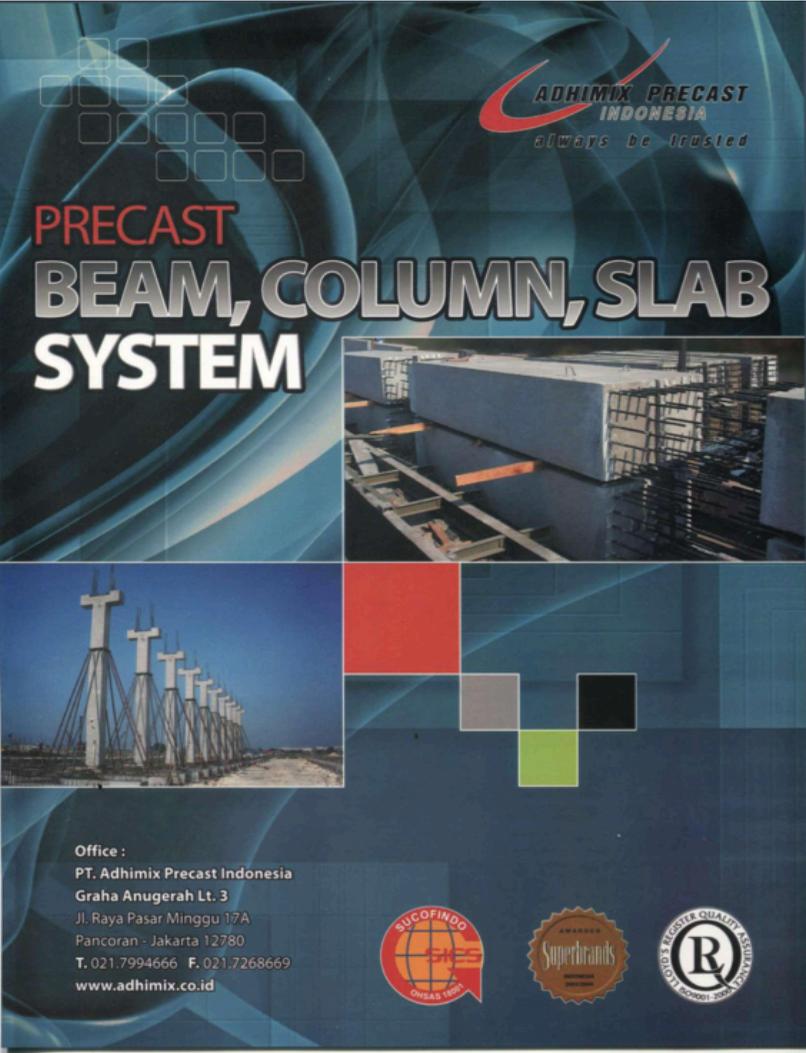
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

1. Berawi, Mohammed Ali. 2014. *Aplikasi Value Engineering Pada Industri Konstruksi Bangunan Gedung*. Penerbit Universitas Indonesia(UI-Press): Jakarta.
2. Dell'Isola, *Value Engineering in The Construction Industry*. New York: Van Norstrand Company (1975)
3. Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)*, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
4. Listiono, Andi. 2011. *Aplikasi Value Engineering Terhadap Struktur Pelat Dan Balok Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Putra SMP MTA Gemolong*.
5. L. Saaty, "Decision Making with The Analytic Hierarchy Process," *International Journal of Services Sciences*, Vol 1, 83-98
6. SAVE, International. (2011, Juni). Value Engineering [Online]. Available: http://www.value-eng.org/value_engineering.php
7. Zimmerman dan Hart. *Value Engineering A Practical Approach for Owners, Designers, and Contractors*. New York: Van Nostrand Reinhold Company (1982)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 1
Brosur Adhimix Precast



**ADHIMIX PRECAST
INDONESIA**
Always be trusted

PRECAST BEAM, COLUMN, SLAB SYSTEM



Office :
PT. Adhimix Precast Indonesia
Graha Anugerah Lt. 3
Jl. Raya Pasar Minggu 17A
Pancoran - Jakarta 12780
T. 021.7994666 F. 021.7268669
www.adhimix.co.id



PRECAST

BEAM, COLUMN, SLAB SYSTEM

DEFINITION

Beam Column Slab System is open frame precast concrete structure that include precast beam, precast column and precast slab. Precast column as a structural element has a function to support gravity load and lateral load (earthquake)

TECHNICAL SPECIFICATION

Dimension : Varian
Concrete Strength : K-350, K-400, K-450
Scope of Work : - Design
- Production
- Erection
Type of Product : Flexible

APPLICATION

- Housing
- Shop housing
- Ware housing
- Low up to medium rise building
- Low cost residential building

ADVANTAGE

1. Open Frame System ;
 - Simple shape of structural element
 - Separation of connection zones for beams and columns
 - Minimum Field joint.
2. Scope structure allows for great architectural freedom
3. Easy and fast erection
4. Size more flexible
5. Project site more efficient
6. Space work more efficient
7. Cost performance more efficient
8. Form work not necessary



ADHIMIX PRECAST
INDONESIA
always be trusted

PRECAST COLUMN

A. PRECAST COLUMN

- Function : Supporting of load both gravity load and lateral load
- Column is detailed with ties for structure integrity

LONGITUDINAL REINFORCEMENT

PRECAST BEAM

B. PRECAST BEAM

- Function : Transfer gravity load to column

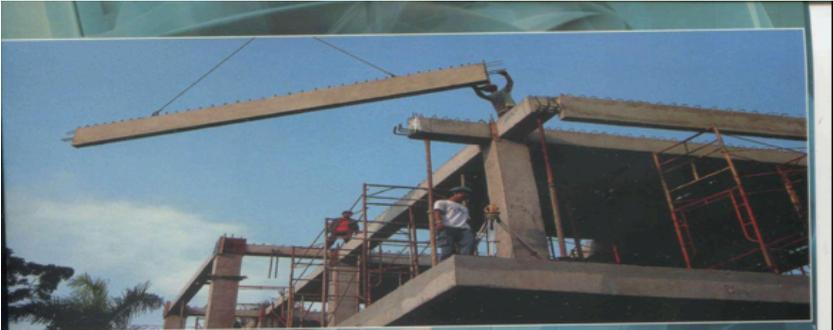
TIED

PRECAST SLAB

C. PRECAST SLAB

- Function : As rigid diaphragm
- Rought Surface
- Preslab (Prestressing)
- Halfslab (Non Prestressing)

LONGITUDINAL REINFORCEMENT



D. JOINT / CONNECTION

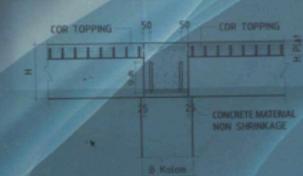
Technical Criteria

- Strength
- Ductility
- Serviceability
- Practicality
- Durability
- Appearance (Hidden)
- Fireproofing

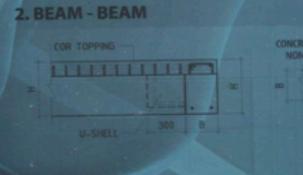
The Joint Include :

- Welded (Embedded & rebar)
- Grouting Joint
- Longitudinal Rebar
- Splice Sleeve

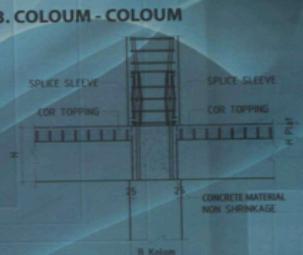
1. BEAM - COLOUM



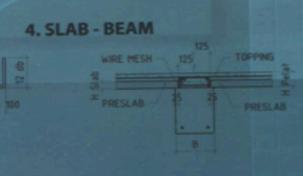
2. BEAM - BEAM



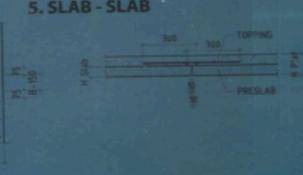
3. COLOUM - COLOUM



4. SLAB - BEAM



5. SLAB - SLAB





FACTORY

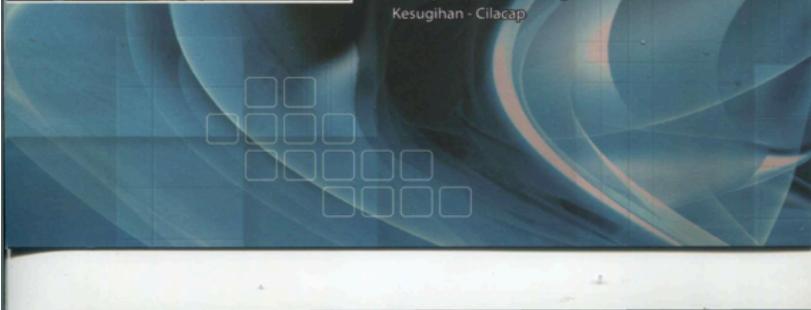
Karawang
Jl. Raya Karawang - Cikampek
Ds. Purwasari, Kec. Purwasari
Ds. Dawuan Barat, Kec. Cikampek
Kab. Karawang - Jawa Barat

Bekasi
Jl. Imam Bonjol, Desa Telaga Asih
Cibitung - Bekasi
T. 021.8836.2536, 8836.2537
F. 021.8836.2531
E. precast@adhimix.co.id



Surabaya
Jl. Tambak Osowilangun No. 7E
Surabaya
T. 031.749.4311
E. precast_sby@adhimix.co.id

Cilacap
Jl. Lingkar Timur, Ds. Marganti
Kesugihan - Cilacap



LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN VOLUME

PERHITUNGAN VOLUME BALOK ALTERNATIF 1

Perhitungan Volume Balok Fc'40 Lantai 2 – lantai atap

Nama Balok	Panjang (m) (1 lantai)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m3) (1 lantai)	Luas Total (m3) (35 lantai)
G4A8	31	0.4	0.75	9.3	325.5
G3A6	58	0.3	0.55	9.57	334.95
G3A5	58	0.3	0.45	7.83	274.05
G47	234	0.35	0.65	53.235	1863.225
G58	28	0.45	0.75	9.45	330.75
Total					3128.475

Perhitungan Luas Bekisting Balok Fc'40 Lantai 2 – Lantai atap

Nama Balok	Panjang (m) (1 lantai)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Kebutuhan Bekisting (1 lantai)	Luas Total (m3) (35 lantai)
G4A8	31	0.4	0.75	58.9	325.5
G3A6	58	0.3	0.55	81.2	2842
G3A5	58	0.3	0.45	69.6	2436
G47	234	0.35	0.65	386.1	13513.5
G58	28	0.45	0.75	54.6	1911
Total					21028

Total Kebutuhan Item Pekerjaan Balok Desain Alternatif 1

No.	Pekerjaan Balok Alternatif 1	
	Item	Kebutuhan
1.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	606,18 m ³
2.	Beton Fc'40 (lantai 2 – lantai atap)	3.128,47 m ³
3.	Bekisting	26.022,92 m ²
4.	Pembesian	782.820,65 kg

PERHITUNGAN VOLUME BALOK ALTERNATIF 2

Perhitungan Volume Balok Precast Lantai 2 – lantai atap

Panjang (m) (1 lantai)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³) (1 lantai)	Luas Total (m ³) (35 lantai)
31	0.4	0.75	9.3	325.5
58	0.3	0.55	9.57	334.95
58	0.3	0.45	7.83	274.05
234	0.35	0.65	53.235	1863.225
28	0.45	0.75	9.45	330.75
Total				3128.475

Perhitungan Kebutuhan Item Pekerjaan Balok Lantai Basement 2 – Lantai Ground

No.	Pekerjaan Balok Alternatif 2	
	Item	Volume (m ³)
1.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	606,18 m ³
2.	Bekisting	3258,92 m ²
3.	Pembesian	124.366,85 kg

Total Kebutuhan Item Pekerjaan Balok Desain Alternatif 2

No.	Pekerjaan Balok Alternatif 2	
	Item	Volume (m3)
1.	Beton Precast (lantai 2 – lantai atap)	3.128,47
2.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	606,18 m3
3.	Bekisting	3258,92 m2
4.	Pembesian	124.366,85 kg

PERHITUNGAN VOLUME PELAT ALTERNATIF 1

Perhitungan Volume Pelat Fc'40 Lantai 2 – Lantai Atap

Nama Pelat	Luas (m2)	Tebal (m)	Volume (m3) (1 Lantai)	Volume (m3) (35 Lantai)
s12	558.025	0.1	55.8025	1953.0875
s15	515.625	0.12	61.875	2165.625
s18	56.28125	0.15	8.4421875	295.4765625
Total				4414.189063

Total Kebutuhan Item Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 1

No.	Pekerjaan Pelat Alternatif 1	
	Item	Kebutuhan
1.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	2.391,56 m3
2.	Beton Fc'40 (lantai 2 – lantai atap)	4.414,18 m3
3.	Bekisting	39.682,26 m2
4.	Pembesian	792.320,53 kg

PERHITUNGAN VOLUME PELAT ALTERNATIF 2

Perhitungan Volume Pelat Precast Lantai 2 – Lantai Atap

Nama Pelat	Luas (m ²)	Tebal (m)	Volume (m ³) (1 Lantai)	Volume (m ³) (35 Lantai)
s12	558.025	0.125	69.753125	2441.359375
s15	515.625	0.125	64.453125	2255.859375
s18	56.28125	0.125	7.03515625	246.2304688
Total				4943.449219

Total Kebutuhan Item Pekerjaan Pelat Desain Alternatif 2

No.	Pekerjaan Pelat Alternatif 2	
	Item	Kebutuhan
1.	Beton Precast (lantai 2 – lantai atap)	4.943,44 m ³
2.	Beton Fc'35 (lantai basement 1 – lantai ground)	2.391,56 m ³
3.	Bekisting	11.372,68 m ²
4.	Pembesian	258.190,03 kg

LAMPIRAN 3 GAYA BEBAN

GAYA MAKSIMUM PADA BALOK DESAIN ALTERNATIF 1

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	St at io n	Out put Cas e	Cas eTy pe	St ep Ty pe	P	V2	V3	T	M 2	M3	Fra me Ele m	Ele mSt atio n
Text	m	Tex t	Text	Te xt	Kgf	Kgf	Kg f	Kg f- m	Kg f- m	Kgf -m	Tex t	m
4949	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 33 15. 17	- 23 20 7.3 3	18 16 .8 5	80 9. 26	78 49 .5 3	- 53 73 5.2 8	494 9-1	0
4863	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 12 68 2.1 5	- 21 63 1.3	37 5. 32	78 3. 2	13 68 .9 2	46 04 1.2 2	486 3-1	0
4967	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	27 34. 66	27 35 6.9 7	12 26 .8 2	- 10 0. 74	21 60 .3 2	- 45 20 2.2	496 7-1	0
4777	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	62 1.2 8	21 23 9.2 3	- 21 .1 8	40 8. 32	- 19 4. 26	44 73 5.1 5	477 7-1	0
4949	0. 4 7 1 7	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 33 15. 17	- 21 44 5.0 6	18 16 .8 5	80 9. 26	69 92 .5 2	43 20 4.0 4	494 9-1	0.4 717
4691	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	11 9.9	- 20	- 10	22 2.	- 59	- 43	469 1-1	0

			nati on		1	82 5.7 3	8. 24	38	6. 28	08 7.1 6		
4605	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	56. 28	- 20 47 8.1 4	- 99 .3 6	12 8. 6	- 46 5. 59	- 41 69 4.9 3	460 5-1	0
4519	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	10 2.0 3	- 20 16 8.1 1	- 65 .6 6	86 .5 4	- 25 6. 26	- 40 45 9.5 7	451 9-1	0
4433	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	13 2.9 2	- 19 86 5.2 6	- 31 .6 6	71 .8 9	- 11 2. 51	- 39 25 3.4	443 3-1	0
4858	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	12 17. 41	- 17 96 6.1 1	14 2. 03	11 .6 2	72 3. 64	38 64 1.6 4	485 8-1	0
4944	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 19 04 2.9 2	- 17 83 9.7	24 1. 74	23 .4 6	12 03 .8 7	38 19 5.2 1	494 4-1	0

GAYA MAKSIMUM PADA BALOK DESAIN ALTERNATIF 2

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	St at io n	Out put Cas e	Cas eTy pe	Ste pT yp e	P	V2	V3	T	M 2	M3	Fra me Ele m	Ele mSt atio n
Text	m	Tex t	Text	Te xt	Kgf	Kgf	Kg f	K gf - m	Kg f- m	Kgf -m	Tex t	m
4949	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 37 56. 27	- 21 60 8.6 5	14 04 .5 7	6 1 4. 3 5	62 10 .6 4	- 47 23 9.5 9	494 9-1	0
4863	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 11 56 8.0 8	- 20 30 4.4 3	26 5. 98	5 8 5. 9 3	10 64 .1 5	- 40 78 7.7 1	486 3-1	0
4777	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 45 4.6 9	20 05 7.5 6	- 45 .0 1	2 8 3. 1 3	- 14 4. 33	40 02 9.7 9	477 7-1	0
4691	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 56. 76	19 78 7.4 6	- 99 .5 2	1 4 5. 8 5	- 43 6. 57	38 95 3.0 2	469 1-1	0
4605	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	- 13. 03	19 56 4.9 6	- 88 .6 4	8 1. 6 4	- 34 3. 91	38 05 9.8 7	460 5-1	0
4949	0.	EN	Co	Mi	-	-	14	6	55	-	494	0.4

	47 17	V	mbi nati on	n	37 56. 27	19 84 6.3 9	04 .5 7	1 4. 3 5	48 .1 1	37 46 2.4 4	9-1	717
4519	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	54. 32	- 19 36 7.7 5	- 62 .8 3	5 5 8	- 18 6. 15	37 27 3.8 3	451 9-1	0
4433	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	80. 45	- 19 17 2.3 2	- 37 .0 6	4 8. 7 8	- 78 .4 9	36 49 5.4 8	443 3-1	0
4347	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	98. 63	- 18 96 8.6 3	- 18 .9 9	5 0 4	- 21 .6 9	35 68 4.5 9	434 7-1	0
4261	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	11 0.1 3	- 18 75 4.1 6	- 7. 89	5 3. 7 7	2. 83	- 34 83 1	426 1-1	0
4175	0	EN V	Co mbi nati on	Mi n	11 6.4 4	- 18 53 0.3 4	- 1. 65	5 7. 4 4	10 .1 3	33 94 0.2 7	417 5-1	0

GAYA MAKSIMUM PADA PELAT DESAIN ALTERNATIF 1

TABLE: Element Stresses - Area Shells									
Area	Area Element	Shell Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	S11 Top	S22 Top	S12 Top
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Kgf/m ²	Kgf/m ²	Kgf/m ²
2043	2043	Plate-Thin	3014	ENV	Combination	Min	- 1341 309.7	- 1689 450.0	- 883 10.7
2024	2024	Plate-Thin	3004	ENV	Combination	Min	- 1335 288.9	- - 7865	- 996 83.4
1989	1989	Plate-Thin	2952	ENV	Combination	Min	- 1307 993.2	- - 7536	- 995 83.0
1954	1954	Plate-Thin	2900	ENV	Combination	Min	- 1271 964.8	- - 7461	- 883 79.9
1919	1919	Plate-Thin	2848	ENV	Combination	Min	- 1233 453.5	- - 7323	- 799 74.5
2025	2025	Plate-Thin	3004	ENV	Combination	Min	- 1221 713.7	- 1140 866.3	- 466 34.9
1990	1990	Plate-Thin	2952	ENV	Combination	Min	- 1209 354.7	- 1146 135.9	- 417 35.4
1884	1884	Plate-Thin	2796	ENV	Combination	Min	- 1198 277.9	- - 7186	- 727 54.0

2008	2008	Plate-Thickness	2962	ENV	Combination	Min	-1194 903.4 6	-1423 195.0 2	-181 78.2 9
1955	1955	Plate-Thickness	2900	ENV	Combination	Min	-1173 950.1 8	-1118 151.0 1	406 56.1 6
1849	1849	Plate-Thickness	2744	ENV	Combination	Min	-1164 879.4 7	-7038 95.61	-662 29.4

GAYA MAKSIMUM PADA PELAT DESAIN ALTERNATIF 2

TABLE: Element Stresses - Area Shells									
Area	Area Element	Shell Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	S11 Top	S22 Top	S12 Top
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Kgf/m ²	Kgf/m ²	Kgf/m ²
1990	1990	Plate-Thin	2952	ENV	Combination	Min	-6897 74.78	-6317 26.02	211 29.63
2025	2025	Plate-Thin	3004	ENV	Combination	Min	-6815 61.61	-6216 90.25	234 86.49
1955	1955	Plate-Thin	2900	ENV	Combination	Min	-6782 65.81	-6198 84.89	206 90.67
2043	2043	Plate-Thin	3014	ENV	Combination	Min	-6774 27.84	-8593 89.85	510 58.47
1920	1920	Plate-Thin	2848	ENV	Combination	Min	-6671 41.48	-6050 39.56	203 85.08
1885	1885	Plate-Thin	2796	ENV	Combination	Min	-6592 55.21	-5915 19.96	201 31.93
1850	1850	Plate-Thin	2744	ENV	Combination	Min	-6525 10.51	-5789 20.41	198 86.41
1815	1815	Plate-Thin	2692	ENV	Combination	Min	-6455 38.98	-5668 75.36	196 15.1

1780	1780	Plate-Thin	2640	ENV	Combination	Min	-637998.4	-555267.21	19315.06
1745	1745	Plate-Thin	2588	ENV	Combination	Min	-629900.2	-543994.79	18991.82
1710	1710	Plate-Thin	2536	ENV	Combination	Min	-621276.83	-532934.78	18650.93

BIODATA PENULIS

Ardian Vidianto Amidarmo dilahirkan di Blitar, 4 Maret 1994. Penulis merupakan



anak kedua dari Bapak Eryono Broto Amidarmo dan Ibu Yuli Astuti. Penulis mempunyai 1 orang kakak bernama Rahadian Labiga Amidarmo. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Sawotratap 3 Waru Sidoarjo dan lulus pada tahun 2006, SMPN 1 Sidoarjo dan lulus pada tahun 2009, Dan SMAN 6 Surabaya dan lulus pada tahun 2012. Pada Tahun 2011 penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh November dengan Jurusan Teknik Sipil

FTSP – ITS, terdaftar dengan NRP 3112100033.

Di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, pada semester tujuh penulis mengambil bidang minat Manajemen Konstruksi. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar maupun kemahasiswaan yang diselenggarakan oleh jurusan maupun Himpunan Mahasiswa Sipil ITS. Selain itu pada Semester 3 dan 4 penulis sempat menjadi salah satu staff Departemen Seni Dan Olahraga di BEM FTSP ITS.

e-mail : ardianvidianto@gmail.com