



UNIVERSITAS INDONESIA

**APLIKASI *VALUE ENGINEERING* DENGAN METODE
“*PAIRED COMPARISON*” PADA STRUKTUR PELAT BETON
STUDI KASUS : GEDUNG “X” EMPAT LANTAI**

SKRIPSI

**BIMA SUKMA
04 05 01 011 6**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITY OF INDONESIA

**APPLICATION OF VALUE ENGINEERING WITH
“PAIRED COMPARISON” METHOD
AT CONCRETE STRUCTURE PLATE.
STUDY CASE : FOURTH FLOOR “X” BUILDING**

FINAL REPORT

**BIMA SUKMA
04 05 01 011 6**

**ENGINEERING FACULTY
BACHELOR DEGREE
DEPOK
JUNE 2011**

1025/FT.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**APLIKASI *VALUE ENGINEERING* DENGAN METODE
“*PAIRED COMPARISON*” PADA STRUKTUR PELAT BETON
STUDI KASUS : GEDUNG “X” EMPAT LANTAI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**BIMA SUKMA
04 05 01 011 6**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN MANAJEMEN KONSTRUKSI
DEPOK
JUNI 2011**

1025/FT.01/SKRIP/07/2011



UNIVERSITY OF INDONESIA

**APPLICATION OF VALUE ENGINEERING WITH
“PAIRED COMPARISON” METHOD
AT CONCRETE STRUCTURE PLATE.
STUDY CASE : FOURTH FLOOR “X” BUILDING**

FINAL REPORT

Has been fulfilled as one requirement to obtain Bachelor of Engineering

**BIMA SUKMA
04 05 01 011 6**

**ENGINEERING FACULTY
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
CONSTRUCTION MANAGEMENT
DEPOK
JUNE 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Bima Sukma

NPM : 0405010116

Tanda Tangan



Tanggal : 24 Juni 2011



STATEMENT OF ORIGINALITY

This final report is the result of my own work, and all sources which is quoted or referred I have stated correctly.

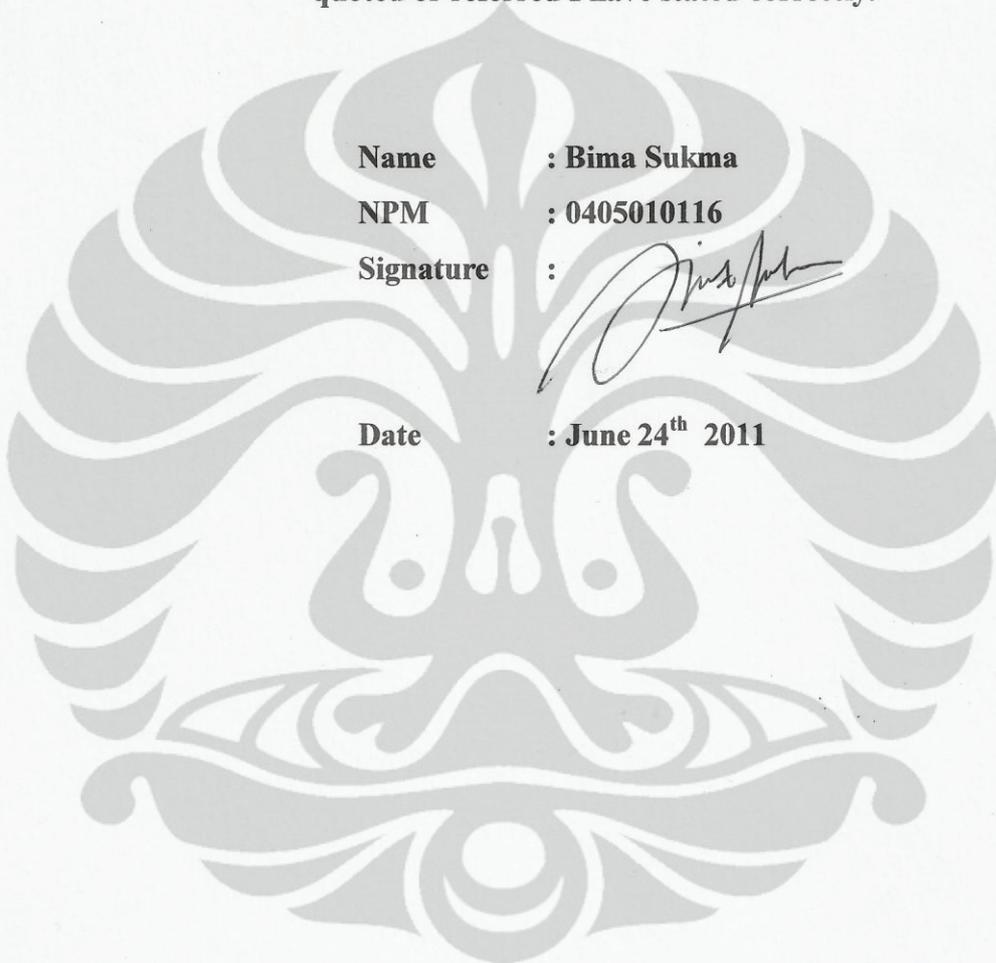
Name : Bima Sukma

NPM : 0405010116

Signature :



Date : June 24th 2011



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Bima Sukma
NPM : 0405010116
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Aplikasi *Value Engineering* Dengan Metode
"Paired Comparison" Pada Struktur Pelat Beton
Studi Kasus : Gedung "X" Empat Lantai

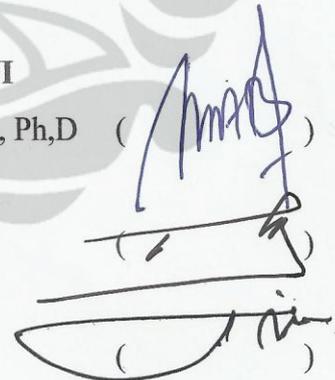
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Mohammed Ali Berawi M.Eng.Sc, Ph,D

Penguji : Ir. Setyo Supriyadi, M,Si

Penguji : Ir. Bambang Setiadi



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Juni 2011

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report is submitted by :

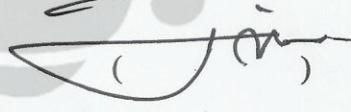
Name : BimaSukma
NPM : 0405010116
Study Program : Civil Engineering
Title of Final Report : Application of Value Engineering with "Paired Comparison" Method at Concrete Structure Plate
Study case : Fourth Floor "X" Building

Has been successfully defended in front of the Examiners and was accepted as part of necessary requirements to obtain Engineering Bachelor Degree in Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, University of Indonesia.

COUNCIL EXAMINERS

Counselor : Mohammed Ali Berawi M.Eng.Sc, Ph,D ()

Examiner : Ir. SetyoSupriyadi, M,Si ()

Examiner : Ir. BambangSetiadi ()

Approved at : Departement of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
University of Indonesia, Depok.

Date : June 24th 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmatNya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kekuatan kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini;
2. Mohammed Ali Berawi M.Eng.Sc, Ph,D, selaku dosen pembimbing saya yang terlihat paling tampan dan keren di antara dosen-dosen lain di FTUI yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini. Ribuan kata terimakasih kusampaikan padamu atas semua nasihat dan motifasi yang telah kau berikan padaku terutama nasihat tentang ucapan Bung Karno yaitu agar Aku menggantungkan cita-citaku setinggi bintang di langit. Kata-kata itu sangat memotifasiku kembali agar aku bisa berbuat lebih atas setiap pekerjaan yang kulakukan di dunia ini. Dan akhirnya kata-kata itu bisa memberikanku spirit sehingga aku bisa menyelesaikan skripsiku dengan baik dibawah bimbinganmu. Sekarang aku pun bisa berbangga hati atas raihan yang kucapai saat ini, dengan kepala tegak dan suara lantang akan kukatakan pada semua orang di dunia ini: ***“Raih Prestasi Tertinggi Di Puncak Harapan, Pantang Pulang Sebelum Gemilang”***.
3. Ir. Bambang Setiadi dan Ir. Setyo Supriyadi, M,Si , selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan saran untuk penulisan skripsi ini;
4. Orang tua dan keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral. Terimakasih ayah dan ibuku tercinta. Bagiku, kalian adalah motifasi besar yang mengharuskanku untuk terus berjuang hingga lulus dari Teknik Sipil UI.;

5. Ayuana Lestari (calon istriku) tersayang yang telah memberikan banyak sekali motivasi kepada saya di saat saya lelah untuk terus berjalan menapaki ujian kehidupan;
6. KAPA FTUI. Terimakasih atas semua pelajaran dan pengalaman hidup yang kau berikan. Kura kura mudamu kini sudah beranjak tua dan siap untuk melangkah meninggalkanmu dengan bekal yang cukup darimu untuk menghadapi ujian yang lebih besar.
7. Rekan-rekan KAPA FTUI yang senantiasa menghiburku saat aku mulai bosan dan penat, yang menjadi senantiasa siap membantuku saat aku merasa sulit. Maaf jika aku tak bisa menyebutkan nama kalian satu persatu
8. Fauzan Hanif Jufri.ST dan Yasin Wijaya.ST. Terimakasih banyak untuk banyak hal. Terlalu sulit untuk menyebutkan satu persatu bantuan yang kalian berikan.
9. Rekan rekan Teknik Sipil UI, khususnya untuk Eqi, Riza, Udit, Aini, Evan, Hendro, Hastomi, Teo, Vian, Adi JW, Akmal, Bagus, Cipta. Bantuan dari kalian mempermudahku dalam perjuangan sulitku menuju Balairung UI.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 24 Juni 2011

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bima Sukma

NPM : 0405010116

Program Studi : Sarjana S1 Reguler

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

APLIKASI *VALUE ENGINEERING* DENGAN METODE “*PAIRED COMPARISON*” PADA STRUKTUR PELAT BETON. STUDI KASUS : GEDUNG “X” EMPAT LANTAI

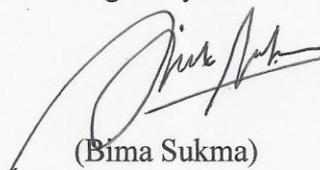
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 24 Juni 2011

Yang menyatakan



(Bima Sukma)

**PAGE OF COPYRIGHT OF STATEMENT FOR PUBLICATION
UNDERGRADUATE THESIS AS ACADEMIC NECESSITIES**

As academic affiliate of University of Indonesia, authorized signature:

Name : Bima Sukma
NPM : 0405010116
Major of Study : Bachelor Degree
Department : Civil Engineer
Faculty : Engineer
Type of paper : Final Report

In order to support the development of science, the writer has agreed to give **Non-exclusive Royalty – Free Right** to University of Indonesia, according to the writers' academic paper entitled:

APPLICATION OF VALUE ENGINEERING WITH “PAIRED
COMPARISON” METHOD AT CONCRETE STRUCTURE PLATE. STUDY
CASE : FOURTH FLOOR “X” BUILDING

Including the hardware (if necessary). Accompanying with the Non-exclusive Royalty – Free Right, University of Indonesia has the right to keep, format, manage in any form of database, treat and publish the writers' undergraduate thesis as long as put the writers' name as the writer or creator and those who belong to the copyright owner.

Thus the certificate had been made by the means of fact:

Place : Depok

Date : June 24th, 2011

Signature,



(Bima Sukma)

ABSTRAK

Nama : Bima Sukma
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Aplikasi Value Engineering Dengan Menggunakan Metode
“Paired Comparison” Pada Struktur Pelat Beton
Studi Kasus : Gedung “X” Empat Lantai

Skripsi ini merupakan aplikasi atau penerapan value engineering dengan metode “paired comparison” dengan studi kasus pada bangunan gedung berlantai empat “Office Park” Bandung, Jawa Barat. Dengan melakukan tahap - tahap value engineering yang terdiri dari tahap informasi, kreatif, analisis dengan metode “paired comparison”, pengembangan dan rekomendasi dimunculkanlah dua alternatif desain plat beton baru yang bertujuan untuk efisiensi rencana anggaran biaya agar biaya yang dikeluarkan bisa diminimalisir, kemudian dengan analisa fungsi matriks didapatkanlah desain alternatif baru yang memungkinkan untuk diaplikasikan di lapangan dengan memperhitungkan berbagai macam kriteria desain dan faktor di lapangan.

Kata kunci: value engineering, paired comparison, manajemen konstruksi, efisiensi biaya proyek

ABSTRACT

Name : Bima Sukma
Study Program: Civil Engineering
Title : Application of Value Engineering with “Paired Comparison”
Method at Concrete Structure Plate
Study case : Fourth Floor “X” Building

This final assignment is both real application and implication of engineering value by using paired comparison method. This relates with the case study of a fourth floor building named Office Park in Bandung, West Java. This is also done by following the value engineering steps which is divided into four parts such as information path, creative path, analytical path based in the paired comparison, developing path, and recommendation path. Then appeared two alternative designs of a concrete plate which can reduce the budgeting plan. By having the matrix analytical function itself, we are having a big opportunity to make an appropriate design which is able to consider many design criteria and factor in the project field.

Key Word : Value Engineering , Paired Comparison, Construction Management,
Efficient Project cost

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.2.1 Deskripsi Masalah.....	3
1.2.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Value Engineering	6
2.1.1 Definisi <i>Value Engineering</i>	6
2.1.2 Konsep <i>Value Engineering</i>	8
2.1.3 Faktor-faktor Penggunaan <i>Value Engineering</i>	8
2.1.4 Karakteristik <i>Value Engineering</i>	9
2.2 Tahap Kerja Value Engineering.....	12
2.2.1 Tahap Informasi	12
2.2.2 Tahap Kreatif	20
2.2.3 Tahap Analisis.....	20

2.2.4 Tahap Pengembangan	24
2.2.5 Tahap Rekomendasi	26
2.3 Estimasi Biaya Konstruksi	26
2.3.1 Pengertian.....	27
2.3.2 Biaya Konstruksi.....	27
2.3.3 Estimasi Biaya Rinci Pekerjaan Struktur Bangunan	27
2.3.4 Harga Satuan Pekerjaan Struktur Bangunan	28
2.3.5 Harga Pekerjaan Struktur Bangunan.....	29
2.4 Beton.....	30
2.5 Beton Precast/Pracetak.....	30
2.5.1 Definisi Precast Concrete (Beton Pracetak).....	30
2.5.2 Permasalahan Umum Pengembangan Sistem Beton Pracetak....	31
2.5.3 Sistem Beton Pracetak.....	32
2.5.4 Sistem Koneksi	32
2.5.5 Pembuatan Beton Pracetak.....	35
2.5.6 Metode Membangun Dengan Konstruksi Pracetak.....	37
2.5.7 Prinsip Konstruksional	38
2.5.8 Klasifikasi Sistem Beton Pracetak	39
2.5.9 Komponen Struktur Yang Sering Digunakan	41
2.5.10 Kelebihan Dan Kekurangan Beton Pracetak.....	44
2.5.11 Metode Pelaksanaan Pemasangan.....	45
2.5.12 Beberapa Prinsip Cara Pemasangan (Erection).....	46
2.6 Beton Bertulang.....	47
2.6.1 Pengertian.....	47
2.6.2 Pelat.....	48
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	53
3.1 Jenis Penelitian	53
3.2 Proses Penelitian.....	54
3.1.1 Tahap Persiapan	54
3.1.2 Data Penelitian	54
3.1.3 Metode Pengumpulan Data	55
3.1.4 Analisis Data	55

3.1.5 Hasil Analisis	59
BAB 4. ANALISIS VALUE ENGINEERING PROYEK GEDUNG “X”	61
4.1 Latar Belakang Proyek.....	61
4.2 Data Proyek	62
4.3 Struktur Organisasi Proyek	63
4.4 Rencana Anggaran Proyek.....	63
4.5 Teknik Mengidentifikasi Pekerjaan Yang Akan Di-VE	64
4.5.1 Cost Model	64
4.5.2 Breakdown	65
4.6 Studi <i>Value Engineering</i>	68
4.7 Tahapan Analisis VE Pada Pekerjaan Struktur Atas Plat	69
4.7.1 Tahap Informasi	70
4.7.2 Tahap Kreatif	72
4.7.3 Tahap Analisis.....	74
4.7.4 Tahap Pengembangan	91
4.7.5 Tahap Rekomendasi	92
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	94
5.1 Kesimpulan	94
5.2 Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Hubungan Antar Item Pekerjaan Dalam Sebuah Proyek	7
Gambar 2.2 : Cost Model Untuk Bangunan Umum.....	15
Gambar 2.3 : Cost Model Untuk Gedung Standard	16
Gambar 2.4 : Biaya Total Yang Dikeluarkan Oleh Pemilik Proyek	25
Gambar 2.5 : Skema Perhitungan Estimasi Biaya Rinci.....	28
Gambar 2.6: Ilustrasi Penampang Plat Satu Arah.....	48
Gambar 2.7: Ilustrasi Penampang Plat Dua Arah	49
Gambar 4.1 : Stuktur Organisasi Proyek	63
Gambar 4.2: Cost Model Gedung “X”	65
Gambar 4.3: Denah Gedung “X”	70
Gambar 4.4 : Model SAP 2000 V 14	78
Gambar 4.5 : Persebaran Momen Pada Arah X dan Y	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Breakdown	14
Tabel 2.2 : Tabel Analisis Fungsi	19
Tabel 2.3 : Metode <i>Paired Comparison</i> Indeks	21
Tabel 2.4: Metode <i>Paired Comparison</i> Bobot.....	22
Tabel 2.5 : Matriks Analisis Fungsi	23
Tabel 4.1 : Breakdown Rencana Anggaran Biaya	66
Tabel 4.2 : Breakdown Pekerjaan Struktur	67
Tabel 4.3 : Breakdown Pekerjaan Struktur Atas	67
Tabel 4.4 : Analisis Fungsi Pekerjaan Plat	72
Tabel 4.5 : Keuntungan Dan Kerugian Alternatif 1 dan 2	74
Tabel 4.6 : Pekerjaan Plat (Beton) Eksisting	74
Tabel 4.7 : Pekerjaan Plat (Tulangan) Eksisting.....	75
Tabel 4.8 : Pekerjaan Plat (Bekisting) Eksisting.....	75
Tabel 4.9 : Pekerjaan Plat (Beton) Alternatif 1	76
Tabel 4.10 : Pekerjaan Plat (Tulangan) Alternatif 1	76
Tabel 4.11 : Pekerjaan Plat (Bekisting) Alternatif 1	77
Tabel 4.12 : Perhitungan Plat	79
Tabel 4.13 : Volume Dan Luasan Beton Precast	84
Tabel 4.14 : Perbandingan harga/cost eksisting dan alternatif desain	84
Tabel 4.15 : Analisis Fungsi Pekerjaan Plat	86
Tabel 4.16 : Kriteria desain alternatif 1 dan 2.....	87
Tabel 4.17 : Bobot Item Kerja.....	88
Tabel 4.18 : Indeks Mutu Beton.....	88
Tabel 4.19 : Indeks Biaya.....	89
Tabel 4.20 : Indeks Waktu	89
Tabel 4.21 : Indeks Pengontrolan.....	89
Tabel 4.22: Indeks Kondisi Cuaca	90
Tabel 4.23 : Indeks Jumlah SDM.....	90
Tabel 4.24 : Matriks Evaluasi Pekerjaan Plat	91

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : RAB TOTAL
- Lampiran 2 : RAB Pekerjaan Struktur
- Lampiran 3 : Catatan Harga Untuk Pekerjaan Struktur Atas
- Lampiran 4 : RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai Semi Basement)
- Lampiran 5 : RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai 1)
- Lampiran 6 : RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai 2)
- Lampiran 7 : RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai 3)
- Lampiran 8 : RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai 4)
- Lampiran 9 : RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai Atap)
- Lampiran 10 : RAB TOTAL Pekerjaan Struktur Atas



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Value Engineering (VE) adalah suatu cara pendekatan yang kreatif dan terencana dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya yang tidak perlu. VE digunakan untuk mencari suatu alternative-alternatif atau ide-ide yang bertujuan untuk menghasilkan biaya yang lebih baik/ lebih rendah dari harga yang telah direncanakan sebelumnya dengan batasan fungsional dan mutu pekerjaan. Dalam perencanaan VE biasanya melibatkan pemilik proyek, perencana, para ahli yang berpengalaman dibidangnya masing-masing dan konsultan VE.

Keseimbangan dan perubahan yang terjadi dalam sistem pasar ekonomi meningkatkan persaingan bisnis diantara perusahaan-perusahaan, harga yang rendah merupakan salah satu kriteria yang sangat penting dalam persaingan bisnis tersebut. Di dalam strategi bisnis perusahaan, kekuatan dari manajemen pengeluaran yang digunakan untuk mengurangi pengeluaran berada pada sentral posisi yang sangat penting. Dalam Manajemen Konstruksi (MK) terdapat suatu disiplin ilmu teknik sipil yang dapat digunakan untuk membuat biaya yang dikeluarkan menjadi efisien dan efektif. Ilmu tersebut dikenal dengan nama *Value Engineering* / Rekayasa Nilai.

Berbagai definisi yang dikemukakan mengenai pengertian *Value Engineering* (VE):

- Evaluasi yang sistematis dalam desain proyek untuk mendapatkan nilai terbaik dari biaya yang dikeluarkan (Fisk, 1997).
- Pendekatan kreatif yang terorganisir untuk mengoptimalkan biaya atau kualitas sebuah fasilitas dari sebuah system (Del Isola, 1982).
- Salah satu metode untuk efisiensi, menghemat biaya dengan tanpa mengurangi fungsi produk yang diminta oleh pemberi tugas (dalam Majalah Konstruksi, 1992).

- Penerapan teknik manajemen dengan menggunakan pendekatan yang sistematis untuk mencapai keseimbangan antara biaya, mutu, waktu (Johan, 2004).
- Usaha yang dilakukan secara sistematis, untuk melakukan peningkatan nilai secara optimal dari biaya yang dikeluarkan (Macedo, 1978; Dobrow, 1978; O'rouke, 1978).
- Proses yang dilakukan untuk mencapai nilai yang maksimum dari skala yang diharapkan oleh klien (Kelly, 1993; Male, 1993).

Value Engineering (VE) digunakan untuk mencari suatu alternatif-alternatif atau ide-ide yang bertujuan untuk menghasilkan biaya yang lebih baik/ lebih rendah dari harga yang telah direncanakan sebelumnya dengan batasan fungsional dan mutu pekerjaan. Dalam perencanaan *Value Engineering* (VE) biasanya melibatkan pemilik proyek, perencana, para ahli yang berpengalaman di bidangnya masing-masing dan konsultan *Value Engineering* (VE).

Pada penelitian ini, perencanaan VE dilakukan pada tahap setelah perencanaan proyek. Analisis VE dilakukan pada pekerjaan struktur. Dalam RAB biasanya pekerjaan struktur memiliki biaya dan bobot pekerjaan yang besar. Biaya yang besar tersebut dipengaruhi dari segi pemilihan desain dan bahan yang digunakan. Analisis VE dilakukan dengan memunculkan ide-ide yang kreatif untuk mengganti perencanaan *existing* pekerjaan struktur. Dalam memunculkan alternatif-alternatif pengganti pemilihan desain dan bahannya harus tepat, murah, kuat dan ekonomis. Selain itu, pemilihan desain dan bahan alternatif pengganti pekerjaan pelat nantinya juga akan berpengaruh pada pembiayaan dari segi waktu dan metode pelaksanaan. Analisis VE dalam penelitian ini dilakukan pada pekerjaan struktur atas khususnya pekerjaan pelat. Setelah dilakukan analisis VE diharapkan nanti terdapat *cost saving*/ penghematan biaya dari biaya pekerjaan struktur secara keseluruhan.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Deskripsi Masalah

Pembuatan desain proyek belakangan ini lebih mementingkan keindahan estetika, padahal dalam pelaksanaan terdapat hal – hal di luar estetika yang seringkali hal tersebut menambah nilai pengeluaran untuk suatu proyek ditambah lagi estimasi waktu yang salah dalam merencanakan menjadi penyebab yang seringkali muncul dalam kasus membengkaknya nilai suatu proyek dari rencana awal

1.2.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang dikemukakan di atas diambil permasalahan sebagai berikut:

- Apa saja jenis pekerjaan di bidang proyek konstruksi yang paling banyak mengeluarkan anggaran biaya proyek?
- Alternatif desain apa yang dianggap terbaik dalam mengefisiensi anggaran biaya proyek konstruksi?
- Berapa besar *cost saving* yang terjadi dalam perencanaan biaya proyek setelah dilakukan analisis *Value Engineering*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui jenis pekerjaan di bidang konstruksi yang paling banyak mengeluarkan anggaran biaya proyek.
2. Mengetahui alternatif desain terbaik yang dapat mengefisiensi biaya konstruksi dengan memperhatikan berbagai kriteria desain
3. Mengetahui berapa besarnya nilai *cost saving* yang terjadi dalam perencanaan biaya total proyek setelah dilakukan analisis *Value Engineering*.

1.4 Batasan Penelitian

Karena penelitian VE dilakukan setelah tahap perencanaan, maka asumsi-asumsi yang dipakai dalam analisis VE adalah asumsi-asumsi pada saat perencanaan. Batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Analisis VE dilakukan pada struktur atas khususnya pada pekerjaan pelat
2. Perhitungan beton bertulang menggunakan pedoman SKSNI
3. Perhitungan desain struktur dibantu dengan program komputer SAP 2000 v14
4. Data-data untuk merencanakan desain struktur ulang pekerjaan alternatif didapat dari RKS, dan data-data lainnya dari proyek tersebut.
5. Harga-harga bahan untuk pekerjaan alternatif didapat dari brosur harga bahan dengan melakukan survey terhadap perusahaan yang berkepentingan ataupun melalui internet

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan banyak manfaat, diantaranya :

1. Memberikan informasi atau rekomendasi baik kepada owner, perencana maupun pelaksana mengenai alternatif-alternatif apa saja yang dapat mengefisienkan biaya untuk pekerjaan pelat dari suatu proyek.
2. Memberikan pengetahuan tentang kriteria desain dalam pemilihan alternatif, sehingga desain yang terpilih selain dapat mengurangi biaya proyek secara keseluruhan, desain tersebut juga memiliki nilai-nilai yang disebutkan dalam kriteria desain

1.6 Sistematika Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan disusun dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Pendahuluan memuat tentang latar belakang permasalahan, batasan penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

Bab 2 Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Bab ini menjelaskan pokok-pokok kajian tentang definisi *value engineering*, ekonomi teknik, SAP2000 v14, beton, Rencana Anggaran Biaya (RAB), pekerjaan struktur bangunan, beton precast / pracetak,

Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini membahas tentang jenis penelitian, tempat penelitian, dan proses penelitian meliputi, metode pengumpulan data, langkah penelitian.

Bab 4 Analisis Penelitian dan Pembahasan

Bab ini menguraikan data-data untuk dilakukan analisis dan pembahasan. Analisis dilakukan dengan menghitung ulang desain dan rencana anggaran biaya alternatif desain struktur, kemudian baru diaplikasi *value engineering*. Pembahasan dilakukan pada tahap rekomendasi yang merupakan fase terakhir dalam tahap aplikasi *value engineering*

Bab 5 Penutup

Pada bab penutup berisi tentang kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan penelitian tentang aplikasi *value engineering* terhadap elemen struktur bangunan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Value Engineering

2.1.1 Definisi Value Engineering

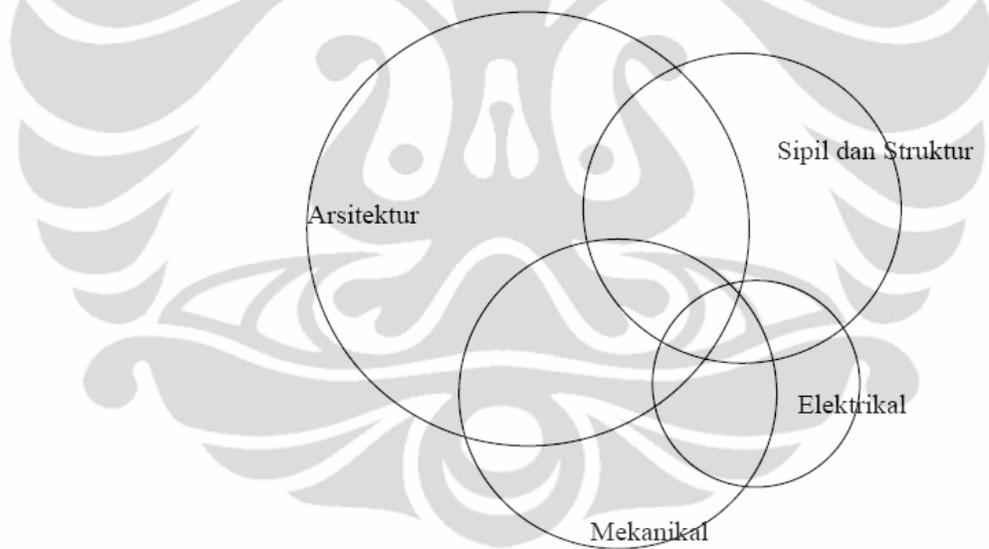
Menurut Baris Sitorus, dalam tulisannya tentang evaluasi menggunakan *Value Engineering*, memberikan pengertian bahwa *Value Engineering* adalah suatu proses pendekatan kreatif berdasarkan pertimbangan inovasi teknologi dengan tujuan mengenali unsur-unsur biaya utama dan biaya penunjang (*secondary*) berdasarkan kepada suatu kebutuhan tertentu. Apabila tidak mempunyai sifat-sifat menguntungkan untuk keperluan tersebut (*pelanggan*), biaya tersebut dikeluarkan tanpa mengurangi mutu dan tetap menjaga lingkungan serta mengutamakan keselamatan. Sedangkan menurut James O'Brien dalam buku *Value Analysis in Design and Construction* menyatakan bahwa *Value Engineering* atau rekayasa nilai merupakan salah satu teknik yang terkenal dan memiliki potensi keberhasilan yang cukup besar dalam mengendalikan biaya.

Zimmerman dan Hart dalam Donomartono (1999) *value engineering* adalah “*a value study on a project or product that is being developed. It analyzes the cost of the project as it is being designed*”. Jadi *value engineering* adalah suatu metode evaluasi yang menganalisa teknik dan nilai dari suatu proyek atau produk yang melibatkan pemilik, perencana dan para ahli yang berpengalaman dibidangnya masing-masing dengan pendekatan sistematis dan kreatif yang bertujuan untuk menghasilkan mutu yang tetap dengan biaya serendah-rendahnya, yaitu dengan batasan fungsional dan tahapan rencana tugas yang dapat mengidentifikasi dan menghilangkan biaya serta usaha yang tidak diperlukan/tidak mendukung.

Pendekatannya adalah dengan melakukan analisis dari suatu nilai terhadap fungsinya, sehingga *Value Engineering* selalu berorientasi kepada nilai. Dalam *Value Engineering*, peningkatan

performansi dan bukan dengan cara melakukan pengurangan biaya. Penghematan biaya yang diperoleh bukanlah merupakan hasil utama yang ingin dicapai dari penggunaan metode VE, melainkan hasil sampingan dari penggunaan metode *Value Engineering* tersebut. Dengan diterapkannya *Value Engineering*, maka diharapkan suatu produk akan memiliki peningkatan.

Dalam perencanaan anggaran biaya suatu proyek bangunan dipengaruhi oleh beberapa elemen pekerjaan dalam ilmu keteknik sipil, diantaranya arsitektur, struktur, mekanikal, elektrikal. Untuk mengetahui dan memperjelas penggunaan *value engineering* dalam hubungannya dengan elemen pekerjaan tersebut dapat kita lihat pada gambar



Gambar 2.1 : Hubungan Antar Item Pekerjaan Dalam Sebuah Proyek

Gambar 2.1 menjelaskan bahwa biaya total bangunan dipengaruhi oleh berbagai elemen pekerjaan, seperti arsitektur, sipil, mekanikal, elektrikal dan lain-lain. Keputusan yang diambil dalam masing-masing elemen pekerjaan tersebut akan mempengaruhi biaya baik didalam elemen tersebut maupun secara keseluruhan, misalnya

apabila terjadi pembengkakan biaya pada salah satu elemen, maka akan mempengaruhi biaya total keseluruhan.

Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu metode yang dapat membuat biaya elemen tersebut menjadi optimal. Metode tersebut dalam manajemen konstruksi disebut *Value Engineering*. Sebagai contoh, dalam elemen arsitek perencanaan desain dan bahan yang dipakai untuk membuat suatu bangunan tampak indah dan menarik, kadang-kadang dapat membuat anggaran biayanya menjadi besar dan mempengaruhi biaya total proyek. Oleh karena itu diperlukan suatu usaha pendekatan VE untuk merencanakan penghematan biaya yang masih berpedoman pada desain utama.

2.1.2 Konsep *Value Engineering*

Konsep *Value Engineering* adalah penekanan biaya produk atau jasa dengan melibatkan prinsip-prinsip Engineering. Teknik ini berusaha untuk mencapai mutu yang minimal sama dengan yang direncanakan dengan biaya seminimal mungkin. Proses perencanaan yang dilakukan dalam pelaksanaan *Value Engineering* selalu didasarkan pada fungsi-fungsi yang dibutuhkan serta nilai yang diperoleh. Oleh karena itu, *Value Engineering* bukanlah :

1. Desain ulang, mengkoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat oleh perencana, atau melakukan perhitungan ulang yang sudah dilakukan oleh perencana.
2. Mengurangi biaya proses, menurunkan biaya dengan menurunkan keandalan atau penampilan.
3. Kontrol kualitas. *Value Engineering* berusaha untuk mencapai mutu yang minimal sama dengan yang direncanakan dengan biaya yang semurah mungkin. Jadi *Value Engineering* lebih dari sekedar pengendalian mutu.

2.1.3 Faktor-faktor Penggunaan *Value Engineering*

Faktor-faktor penggunaan *value engineering* (Tugino, 2004):

1. Tersedianya data-data perencanaan
Data-data perencanaan di sini adalah data-data yang berhubungan langsung dengan proses perencanaan sebuah bangunan yang dibangun dan akan diadakan *value engineering*.
2. Biaya awal (*Initial Cost*)
Biaya awal disini adalah biaya yang dikeluarkan mulai awal pembangunan sampai pembangunan tersebut selesai.
3. Persyaratan operasional dan perawatan
Dalam suatu *value engineering* juga harus mempertimbangkan nilai operasional dan perawatan dalam alternatif-alterantif yang disampaikan melalui analisis *value engineering* dengan jangka waktu tertentu.
4. Ketersediaan material
Ketersediaan material disini adalah material yang digunakan sebagai alternatif-alternatif dalam analisis *value engineering* suatu pembangunan atau pekerjaan tiap item pekerjaan harus mempunyai kemudahan dalam mencarinya dan tersedia dalam jumlah yang cukup di daerah proyek.
5. Penyesuaian terhadap standard
Penyesuaian yang dimaksud di sini adalah semua alternatif-alternatif yang digunakan harus mempunyai standart dalam pembangunan baik akurasi dimensi, persisinya, maupun kualitasnya.
6. Dampak terhadap pengguna
Dampak terhadap penggunaan di dalam *value engineering* suatu bangunan harus mempunyai dampak positif kepada pengguna dari segi keamanan maupun kenyamanan.

2.1.4 Karakteristik *Value Engineering*

Karakteristik *value engineering*(Hutabarat,1995):

1. Berorientasi pada fungsi

Dalam *value engineering* mengidentifikasi fungsi komponen yang dibutuhkan.

2. Berorientasi pada sistem (sistematik)

Dalam mengidentifikasi seluruh dimensi permasalahan (proses dan biaya) saling melihat keterkaitan antara komponen-komponennya dan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu.

3. Multi disiplin ilmu

Melibatkan berbagai disiplin keahlian karena semua dibahas di dalam *value engineering* yaitu *value engineering* itu sendiri, perencanaan pelat dan perencanaan pondasi.

4. Berorientasi pada siklus hidup produk

Melakukan analisis terhadap biaya total untuk memiliki dan mengoperasikan fasilitas selama siklus hidupnya. Jika siklus hidup pendek maka perlu mempertimbangkan apakah investasi yang dilakukan akan menghasilkan keuntungan.

5. Pola pikir pelat kreatif

Proses perancangan harus dapat mengidentifikasi alternatif-alternatif pemecahan masalah sehingga akan banyak pilihan.

Dalam *Value Engineering* ini terdapat dua istilah penting yang akan menjadi kunci pelaksanaan untuk membuat keputusan. Sedangkan fungsi produk atau jasa dijadikan pedoman untuk melakukan pertambahan nilai tersebut. Kedua istilah tersebut akan dijelaskan pada uraian dibawah ini.

1. Nilai

Secara definitive, nilai adalah suatu ukuran yang mencerminkan seberapa jauh kita menghargai hasil. Secara umum nilai akan diartikan dalam satuan uang atau currency. Nilai akan selalu berkaitan dengan fungsi dari suatu produk, dimana nilai akan mencapai maksimum saat fungsi utama akan mencapai nilai biaya terkecil. Dalam *Value Engineering*, nilai mempunyai arti ekonomi, dimana ada empat macam tipe nilai yang mengandung arti ekonomi, yaitu:

- a. Nilai Guna (Use Value), mencerminkan seberapa besar kegunaan produk akibat terpenuhinya suatu fungsi, dimana nilai ini tergantung dari sifat dan kualitas produk.
- b. Nilai Kebanggaan (Esteem Value), menunjukkan seberapa besar kemampuan dari produk yang dapat mendorong konsumen untuk memilikinya. Kemampuan ini ditentukan oleh sifat-sifat khusus dari produk, seperti daya tarik, keindahan, ataupun gengsi dari produk tersebut.
- c. Nilai Tukar (Exchange Value), menunjukkan seberapa besar konsumen mau berkorban atau mengeluarkan biaya untuk mendapatkan produk tersebut.
- d. Nilai Biaya (Cost Value), menunjukkan seberapa besar biaya total yang diperlukan untuk menghasilkan produk serta memenuhi semua fungsi yang diinginkan.

2. Fungsi

Sedangkan fungsi dapat didefinisikan sebagai suatu tujuan dasar (basic purpose) atau penggunaan yang diinginkan oleh suatu item. Secara singkat, fungsi merupakan sesuatu yang menyatakan alasan mengapa pemilik atau pemakai membeli suatu produk. Sering kali fungsi didefinisikan dalam 2 kata, yaitu 1 kata kerja + 1 kata benda. Dengan dua kata ini dianggap sudah dapat menggambarkan fungsi dari produk yang ada. Dalam menjabarkan fungsi, teknisi dapat menjabarkan sebanyak mungkin fungsi yang bias didapatkan, yang dikelompokkan dalam 2 kategori fungsi yaitu:

- Fungsi Primer Fungsi utama yang dijadikan alasan paling utama dalam melakukan pekerjaan. Saat fungsi primer tidak ada, maka akan sia-sia pekerjaan proyek dilakukan.
- Fungsi Skunder Sebagai fungsi pendukung yang didapatkan dan bisa saja tidak

2.2 Tahap Kerja *Value Engineering*

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, rekayasa nilai dikerjakan oleh suatu tim yang terdiri dari berbagai disiplin ilmu. Tim ini bekerja sama secara sistematis mengikuti rencana kerja rekayasa nilai. Rencana kerja digunakan karena terbukti dapat mereduksi ongkos pembuatan produk dan dapat memberikan efektifitas yang maksimal.

Dalam rekayasa nilai, terdapat lima tahapan rencana kerja. Menurut Hutabarat (1995) tahapan-tahapan dalam aplikasi VE dibagi menjadi 5 yaitu :

1. Tahap informasi
2. Tahap kreatif
3. Tahap analisis
4. Tahap pengembangan
5. Tahap rekomendasi

2.2.1 Tahap Informasi

Mengumpulkan informasi sebanyak mungkin yang meliputi informasi tentang sistem, struktur, fungsi, dan biaya dari objek yang dipelajari. Tahap ini juga menjawab permasalahan tentang siapa yang melakukan, apa yang dapat dilakukan, dan apa yang seharusnya tidak dilakukan.

Menurut Dell'Isola (1974) dalam Barrie dan Poulson (1984) informasi suatu item pekerjaan dapat berupa jawaban dari pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut :

- Itemnya apa ?
- Apa fungsinya ?
- Berapa nilai fungsi tersebut ?
- Berapa total biayanya ?
- Area mana yang mempunyai indikasi biaya tinggi atau nilai yang rendah ?

Selain itu informasi penting lainnya dapat berupa :

- Sudah berapa lama desain itu dibuat atau digunakan.

- Sistem alternatif material atau metode apa yang digunakan dalam konsep aslinya.
- Masalah khusus apa yang ada pada sistem atau proyek.
- Seberapa sering penggunaan desain ini setiap tahunnya.

Informasi umum suatu proyek menurut Donomartono (1999) dapat berupa :

- Kriteria desain teknis.
- Kondisi lapangan (topografi, kondisi tanah, daerah sekitar, gambar sekitar).
- Kebutuhan-kebutuhan regular.
- Unsur-unsur desain (komponen konstruksi dan bagian-bagian dari proses).
- Riwayat proyek.
- Batasan yang dipakai untuk proyek.
- Utility yang tersedia.
- Perhitungan desain.
- Partisipasi publik.

Teknik-teknik yang dapat dipergunakan pada tahap informasi yaitu, *breakdown*, *cost model*, dan analisis fungsi. Teknik-teknik tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Breakdown

Menurut Dell'Isola (1974) *breakdown* adalah suatu analisis untuk menggambarkan distribusi pemakaian biaya dari item-item pekerjaan suatu elemen bangunan. Jumlah biaya item pekerjaan tersebut kemudian diperbandingkan dengan total biaya proyek untuk mendapatkan prosentase bobot pekerjaan. Bila memiliki bobot pekerjaan besar, maka item pekerjaan tersebut potensial untuk dianalisis VE. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1

Item Pekerjaan Biaya	Biaya
1. Pekerjaan A	Rp
2. Pekerjaan B	Rp.....
3. Pekerjaan C	Rp.....
4. Pekerjaan D	Rp.....
5. Pekerjaan E	Rp.....
6. Pekerjaan F	Rp.....
Total	Rp M
Biaya total proyek keseluruhan	Rp N
Persentase	Rp M / Rp N

Tabel 2.1 : Breakdown

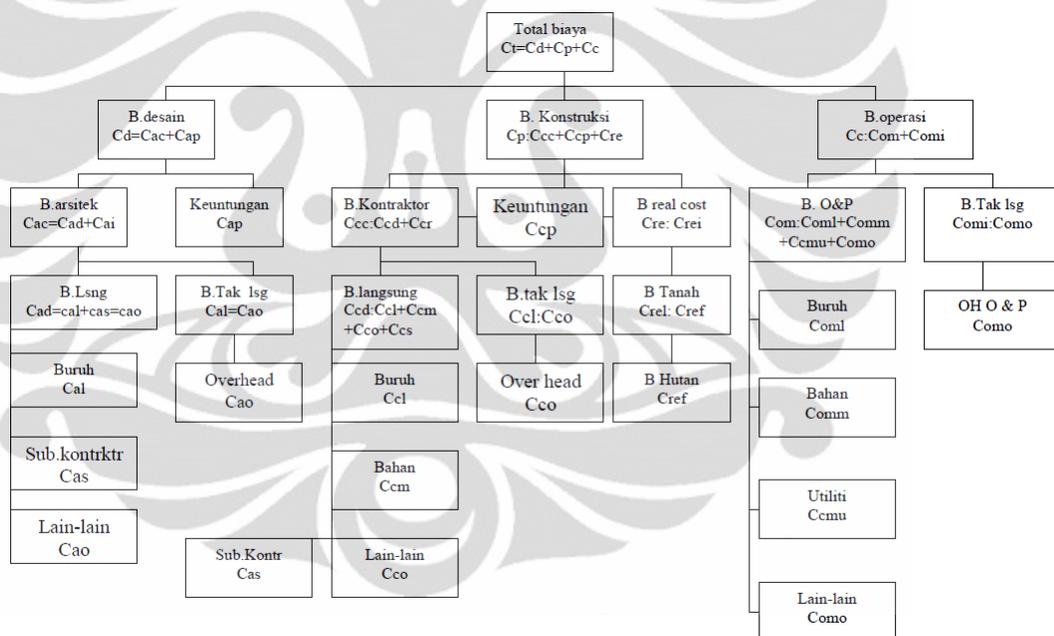
Sumber : Dell'Isola (1974)

Tabel 2.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pekerjaan A-F merupakan item-item pekerjaan dari suatu elemen bangunan yang memiliki potensial untuk dilakukan VE. Itempekerjaan tersebut dipilih karena memiliki biaya yang besar dari elemen pekerjaan yang lainnya.
- Untuk mengetahui item pekerjaan tersebut potensial untuk dilakukan VE adalah dengan memperbandingkan jumlah item pekerjaan tersebut dengan biaya total proyek. Bila memiliki prosentase besar, maka potensial dilakukan VE.
- Setelah diidentifikasi, nantinya dipilih salah satu item pekerjaan A-F yang memiliki potensial untuk dilakukan analisis VE. Selain memiliki biaya yang besar, dalam memilih item pekerjaan dapat ditinjau dari segi bahan dan desain yang nantinya dapat memunculkan berbagai macam alternatif pengganti.

2. Cost Model

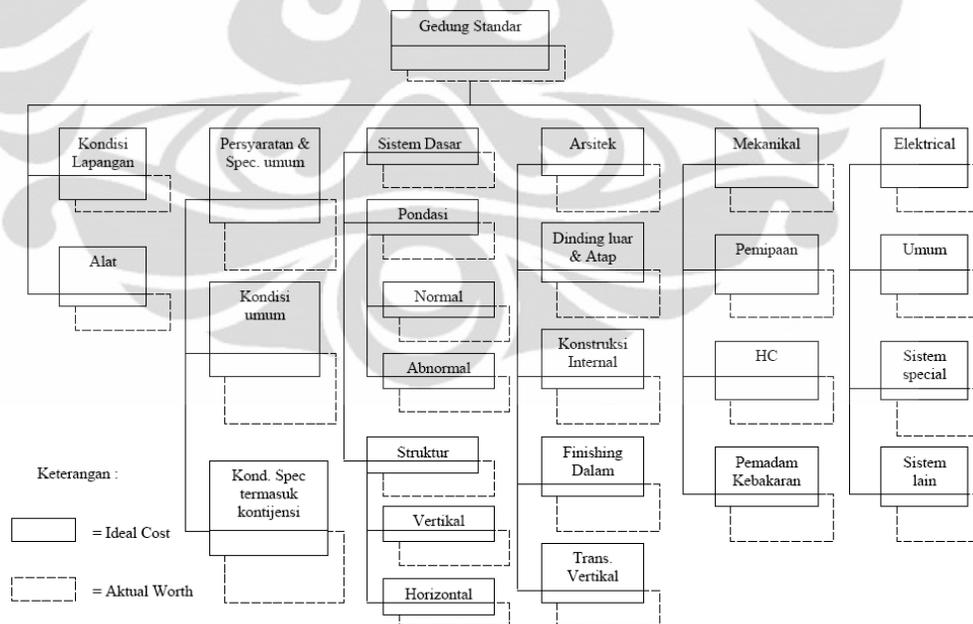
Dell'Isola (1974) mengatakan *cost model* adalah suatu model yang digunakan untuk menggambarkan distribusi biaya total suatu proyek. Penggambarannya dapat berupa suatu bagan yang disusun dari atas ke bawah. Bagian atas adalah jumlah biaya elemen bangunan dan dibawahnya merupakan susunan biaya item pekerjaan dari elemen bangunan tersebut. Dengan *cost model* dapat diketahui biaya total proyek secara keseluruhan dan dapat dilihat perbedaan biaya tiap elemen bangunan. Perbedaan biaya tiap elemen bangunan tersebut dapat dijadikan pedoman dalam menentukan item pekerjaan mana yang akan dianalisis VE.



Gambar 2.2 Cost Model Untuk Bangunan Umum

- Cd = Biaya Disain (cost of design)
- Cac = Biaya Arsitek (cost of architectural)
- Cad = Biaya Langsung (cost of direct architect)
- Cal = Biaya Buruh (cost of labour architect)
- Cas = Biaya Sub Kontraktor (cost of sub contractor architect)

Cao	= Biaya Lain-Lain (cost of others-architect)
Cap	= Keuntungan Dari Architect (profit of architect)
Cai	= Biaya Tidak Langsung(indirect cost architect)
Caoh	= Biaya Overhead (overhead cost architect)
Ccc	= Biaya Kontraktor (cost profit)
Ccp	= Keuntungan Kontraktor (contractor profit)
Cre	= Biaya Real Estate (cost of real estate)
Ccd	= Biaya Langsung Kontraktor (direct cost kontraktor)
Ccl	= Biaya Buruh Kontraktor (cost of labour kontraktor)
Ccm	= Biaya Bahan Kontraktor(cost of material contractor)
Cco	= Biaya Lain-Lain Kontraktor (cost of material contractor)
Ccoh	= Biaya Overhead Kontraktor (cost of overhead kontraktor)
Crel	= Biaya Tanah Real Estate(cost of land real estate)
Cref	= Biaya Legal /Hukum (cost of legal)
Com	= Biaya Operasi Dan Pemeliharaan



Gambar 2.3 Cost Model Untuk Gedung Standard

3. Analisis Fungsi

Analisis fungsi merupakan basis utama di dalam *value engineering* karena analisis inilah yang membedakan VE dari teknik-teknik penghematan biaya lainnya. Analisis ini membantu tim VE di dalam menentukan biaya terendah yang diperlukan untuk melaksanakan fungsi-fungsi utama dan fungsi-fungsi pendukung dan mengidentifikasi biaya-biaya yang dapat dikurangi atau dihilangkan tanpa mempengaruhi kinerja atau kendala produk. Fungsi diidentifikasi dengan menggunakan deskripsi yang terdiri dari dua kata, yaitu kata kerja dan kata benda. Kata kerja yang digunakan adalah kata kerja aktif dan kata benda yang digunakan merupakan kata benda yang terukur. Fungsi dasar suatu produk/bangunan merupakan pekerjaan utama yang harus dilaksanakannya. Fungsi-fungsi sekunder sering merupakan fungsi-fungsi yang mungkin diinginkan keberadaannya tetapi sebenarnya tidak diperlukan untuk melaksanakan tugas atau pekerjaan tertentu. Fungsi-fungsi sekunder yang harus ada merupakan fungsi-fungsi yang secara absolut diperlukan untuk melaksanakan tugas atau pekerjaan tertentu, walaupun sebenarnya tidak melaksanakan fungsi dasar. Fungsi produk/bangunan secara menyeluruh ditentukan terlebih dahulu sebelum menentukan fungsi elemen-elemennya.

Bagian yang paling sulit pada analisis fungsi adalah memperkirakan nilai kegunaan (*worth*) setiap subsistem atau komponen untuk membandingkannya dengan biaya yang diperkirakan. Nilai kegunaan (*worth*) memberikan indikasi nilai (*value*) artinya biaya terendah yang diperlukan untuk terlaksananya suatu fungsi tertentu. Untuk itu tidak diperlukan ketelitian yang sangat besar. Nilai kegunaan (*worth*) hanya digunakan sebagai suatu mekanisme untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah dengan potensi penghematan dan perbaikan nilai (*value*) yang tinggi. Subsistem yang melaksanakan fungsi sekunder tidak memiliki *worth* karena tidak berhubungan langsung dengan fungsi dasar.

Sebagai bagian dari analisis fungsi, tim VE membandingkan rasio cost-to-worth berbagai alternatif untuk keseluruhan fasilitas dan subsistemnya. Rasio cost-to worth ini diperoleh dengan membagi biaya yang diperkirakan untuk sistem atau subsistem dengan total worth untuk fungsi dasar sistem atau subsistem. Rasio cost-to-worth yang lebih besar daripada dua biasanya mengindikasikan wilayah dimana terdapat potensi penghematan biaya dan perbaikan nilai (value).

Menurut Hutabarat (1995) fungsi adalah kegunaan atau manfaat yang diberikan produk kepada pemakai untuk memenuhi suatu atau sekumpulan kebutuhan tertentu. Analisis fungsi merupakan suatu pendekatan untuk mendapatkan suatu nilai tertentu, dalam hal ini fungsi merupakan karakteristik produk atau proyek yang membuat produk atau proyek dapat bekerja atau dijual. Secara umum fungsi dibedakan menjadi fungsi primer dan fungsi sekunder. Fungsi primer adalah fungsi, tujuan atau prosedur yang merupakan tujuan utama dan harus dipenuhi serta suatu identitas dari suatu produk tersebut dan tanpa fungsi tersebut produk tidak mempunyai kegunaan sama sekali. Fungsi sekunder adalah fungsi pendukung yang mungkin dibutuhkan untuk melengkapi fungsi dasar agar mempunyai nilai yang baik. Analisis fungsi bertujuan untuk :

- Mengidentifikasi fungsi-fungsi utama (sesuai dengan kebutuhan) dan menghilangkan fungsi-fungsi yang tidak diperlukan.
- Agar perancang dapat mengidentifikasi komponen-komponen dan menghasilkan komponen-komponen yang diperlukan.

Analisis fungsi dapat dilihat pada tabel 2.2.

No	Komponen	Fungsi			WORTH (Rp)	COST (Rp)
		Verb	Noun	Kind		
1	A	Menahan	Beban	P	Rp.....	Rp.....
2	B	Meneruskan	Beban	S	Rp.....	Rp.....
Jumlah					ΣRp W	ΣRp C

Tabel 2.2 : Tabel Analisis Fungsi

Sumber : Donomartono (1999)

$$\text{Nilai } cost/worth = \Sigma Rp C / \Sigma Rp W$$

Dari tabel 2.2 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Analisis fungsi hanya menerangkan item pekerjaan yang akan dianalisis VE dan definisi fungsi dari kata kerja dan kata benda. Analisis fungsi selain digunakan pada tahap informasi nantinya juga dimunculkan pada tahap analisis. - A, B merupakan komponen-komponen dari item pekerjaan yang akan dianalisis fungsinya.
- Pada kolom fungsi yang terdapat kolom *verb*, *noun* dan *kind* merupakan identifikasi fungsi daripada komponen. Untuk *verb* merupakan identifikasi fungsi kata kerja pada komponen. Untuk *noun* merupakan identifikasi fungsi kata benda daripada komponen. Untuk *kind* merupakan identifikasi fungsi jenis daripada komponen. P merupakan fungsi primer/ pokok, sedangkan S merupakan fungsi sekunder.
- Pada kolom *cost* diisi biaya dari komponen pekerjaan *existing*. Pada *worth* diisi biaya untuk komponen pekerjaan alternatif setelah dilakukan perhitungan anggaran biayanya.
- Nilai *cost/worth* hanya menunjukkan besarnya efisiensi penghematan item pekerjaan tersebut. Bila nilai *cost/worth* kurang dari 1, maka tidak ada penghematan, sedangkan lebih dari 1 terjadi penghematan. Apabila semakin besar nilainya lebih dari 1, maka semakin besar pula penghematan yang terjadi.

2.2.2 Tahap Kreatif

Mengembangkan alternatif yang mungkin untuk memenuhi fungsi primer dan sekunder. Tahap ini juga menjawab pertanyaan tentang cara apa saja yang dilakukan untuk menemukan kebutuhan, hal apa yang ditampilkan oleh fungsi yang diinginkan.

Menurut Hutabarat (1995) Tahap kreatif adalah mengembangkan sebanyak mungkin alternatif yang bisa memenuhi fungsi primer atau pokoknya. Untuk itu diperlukan adanya pemunculan ide-ide guna memperbanyak alternatif-alternatif yang akan dipilih. Alternatif tersebut dapat dikaji dari segi desain, bahan, waktu pelaksanaan, metode pelaksanaan dan lain-lain. Sebagai bahan pertimbangan dalam mengusulkan alternatif dapat disebutkan keuntungan dan kerugiannya. Sebagai dasar penilaian/ pertimbangan untuk dilakukan analisis VE dapat dipilih kriteria-kriteria dari item pekerjaan. Kriteria-kriteria tersebut nantinya sebagai bahan evaluasi untuk memilih alternative yang dipilih.

2.2.3 Tahap Analisis

Melakukan evaluasi terhadap alternatif-alternatif yang telah dibentuk dan melakukan pemilihan nilai terbesar. Tahap ini juga menjawab pertanyaan tentang apa yang harus dilakukan, dan bagaimana biayanya.

Dalam tahap ini diadakan analisa terhadap masukan-masukan ide atau alternatif. Ide yang kurang baik dihilangkan. Alternatif atau ide yang timbul diformulasikan dan dipertimbangkan keuntungan dan kerugiannya yang dipandang dari berbagai sudut, kemudian dibuatkan suatu ranking hasil penilaian. Dalam mengevaluasi dapat menggunakan teknik diantaranya, metode *paired comparison*. Untuk lebih jelasnya teknik-teknik tersebut akan diuraikan sebagai berikut :

a. Metode *Paired Comparison*

Metode ini merupakan salah satu metode penentuan sikap atau pemilihan terbaik. Kegunaan metode ini semacam pembobotan

untuk menggambarkan relative importance atau kepentingan relatif beberapa objek, yaitu semacam pembobotan yang menggambarkan kepentingan relative beberapa objek.

Metode *paired comparison* merupakan salah satu metode pengambilan keputusan terhadap dua atau lebih kriteria. Penggunaan metode *paired comparison* dikupas tuntas oleh seorang engineer bernama Dr. Roy Woodhead. Contoh metode *paired comparison* yang dicontohkan oleh beliau yaitu:

	B	C	Skor	Persentase	Deskripsi
A	A2	C2	2	33	A
	B	C2	0	0	B
			4	67	C
TOTAL			6	100	

Tabel 2.3 : Metode *Paired Comparison* Indeks

1. Slight benefit
2. Moderate benefit
3. Major benefit

- Dalam contoh ini terdapat tiga kriteria A, B, C yang akan dibandingkan mana yang terbaik
- Dari contoh di atas A lebih penting dibanding B dengan tingkat kepentingan moderate oleh karena itu tertulis A2
- C lebih penting dari A dengan tingkat kepentingan moderate sehingga tertulis C2 begitupun C terhadap B sehingga tertulis C2.
- Skor 1 untuk slight
- Skor 2 untuk moderate
- Skor 3 Untuk Major
- Skor kemudian dijumlahkan. Pada tabel tertulis A memiliki skor A2 sehingga skornya 2. C memiliki skor C2 dan C2 sehingga skornya 4.

- Skor tersebut kemudian dipersentasekan sehingga didapatlah C = 67%, A = 33 % dan B = 0
- Skor tersebut nantinya akan dibawa ke matriks analisis fungsi sebagai indeks ataupun bobot

	B	C	D	E	F	Skor	Persentase	Deskripsi
A	A3	A3	A3	A3	A3	15	44	A
B	B3	B3	B3	B3	B3	9	26	B
C		C2	C2	C2	C2	6	18	C
D			D1	F1		2	6	D
E				E1		1	3	E
F						1	3	F
TOTAL						34	100	

Tabel 2.4: Metode *Paired Comparison* Bobot

b. Matrik Evaluasi

Menurut Hutabarat (1995) matrik evaluasi adalah salah satu alat pengambilan keputusan yang dapat menggabungkan kriteria kualitatif (tak dapat diukur) dan kriteria kuantitatif (dapat diukur). Kriteria-kriteria pada metode ini dapat ditinjau dari aspek item pekerjaan yang dipilih, misalnya pembiayaan, waktu pelaksanaan, jumlah tenaga, kondisi lapangan, berat struktur dan sebagainya. Cara pelaksanaan metode ini adalah :

- Menetapkan alternatif-alternatif solusi yang mungkin
- Menetapkan kriteria-kriteria yang berpengaruh
- Memberikan penilaian untuk setiap alternatif terhadap masing-masing kriteria
- Menghitung nilai total untuk masing-masing alternative
- Memilih alternatif dengan nilai total terbesar

Dalam menghitung matrik evaluasi menggunakan dua tabel, yaitu metode *paired comparison* untuk mencari indeks dan bobot. Jadi nantinya metode *paired comparison* digunakan pada dua jenis tabel yaitu untuk mencari bobot pada kriteria desain total dan indeks untuk

setiap kriteria desain. Kemudian setelah didapatkan skor berupa persentase maka angka tersebut dimasukkan ke dalam matriks analisis fungsi dengan rumus: **Indeks x Bobot** . Skor terbesar dari perkalian inilah yang nantinya akan menjadi pilihan.

No	Fungsi Bobot	Kriteria									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		B	B	B	B	B	B	B	B	B	
1	A	I	I	I	I	I	I	I	I	I	ΣY
		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
2	B	I	I	I	I	I	I	I	I	I	ΣY
		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
3	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	ΣY
		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	

Tabel 2.5 : Matriks Analisis Fungsi

Dengan:

B = Bobot

I = Indeks

Y = Bobot x Indeks

ΣY = Jumlah Total Pada Baris Y

Tabel 2.6 dijelaskan sebagai berikut :

- A,B,C adalah item pekerjaan yang dianalisis VE
- Untuk baris kriteria 1 sampai dengan 9 merupakan asumsi kriteria dari item pekerjaan yang dianalisis VE.
- Untuk baris bobot diambil dari metode *paired comparison* tabel 2.4.
- Nilai indeks diambil dari metode *paired comparison* tabel 2.3.
- Untuk pekerjaan alternatif yang dipilih dilihat dari yang memilik total indeks dikali bobot (ΣY) terbesar.

Dari tabel diatas nilai dari Y didapat dengan hasil perkalian indeks dengan bobot sementara. Dan hasil total dari total (ΣY) menjadi bobot kesemuanya alternatif yang berfungsi menjadi suatu alat untuk mengambil keputusan yang dapat menggabungkan kriteria kualitatif (tak dapat diukur) dan kriteria kuantitatif (dapat diukur). Selain itu dengan adanya pembobotan dengan cara perbandingan nilai *existing* dan alternatif nanti bertujuan agar pembaca tahu bahwa dalam penganalisaan VE untuk suatu pembangunan konstruksi dengan menghadirkan alternatif-alternatif tertentu ternyata mempunyai tingkat kelemahan ataupun kelebihan yang berbeda dilihat dalam segi yang lain.

2.2.4 Tahap Pengembangan

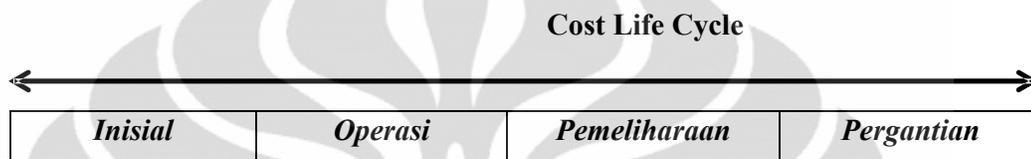
Melakukan penyempurnaan dan penyesuaian terhadap alternatif terpilih. Tahap ini juga menjawab pertanyaan tentang hal apa lagi yang dilakukan pada pekerjaan. Menurut Donomartono (1999) pada tahapan pengembangan ini menyiapkan semua ide atau pendapat secara keseluruhan untuk diteliti ke dalam desain preliminari, dibuatkan gambaran solusi, diestimasi dalam *life cycle cost* dari desain asal dan dengan desain yang baru diusulkan, kemudian *dipresent value* (PV). Untuk lebih jelasnya *life cycle cost* diuraikan sebagai berikut :

- *Life Cycle Cost (Ongkos Siklus Hidup)*

Menurut Donomartono (1999) dalam perencanaan biaya total suatu proyek harus memperhatikan sistem yang disebut *life cycle cost* atau *cost of life cycle* agar total biaya ultimate dari pekerjaan konstruksi, operasional, pemeliharaan dan pergantian alat dapat diperhitungkan dengan baik. Untuk mencapai total biaya yang optimal diperlukan studi VE

Menurut Pujawan (1995) *life cycle cost* dalam suatu item adalah jumlah semua pengeluaran yang berkaitan dengan item tersebut sejak dirancang sampai tidak terpakai lagi. Untuk

mencapai total biaya yang optimal dari suatu proyek untuk waktu tertentu diperlukan studi *value engineering* pada bidang konstruksi dengan metode sistematis, agar total biaya dapat dipertanggungjawabkan dari pekerjaan konstruksi, operasional, pemeliharaan dan penggantian alat/barang di dalam suatu sistem periode yang disebut *cost of life cycle* (Donomartono, 1999), seperti tergambar dibawah ini.



Gambar 2.4: Biaya Total Yang Dikeluarkan Oleh Pemilik Proyek

Perencanaan	Kontraktor	Suplier (pemasok)	Pemeliharaan Dan Operasi Kontraktor
Seleksi	Pengadaan Dan Bimbingan	Produksi Dan Pengiriman	Operasi Pemeliharaan Dan Penggantian

Life cycle cost biasa dipakai sebagai alat bantu dalam analisa ekonomi untuk mencari alternatif-alternatif berbagai kemungkinan dalam pengambilan keputusan dan menggambarkan nilai sekarang dan nilai akan datang dari suatu proyek selama umur manfaat proyek itu sendiri dengan memperhatikan faktor ekonomi dan moneter yang saling dependen satu sama lainnya.

Menurut Pujawan (1995), ongkos siklus hidup didefinisikan sebagai kombinasi 3 hal yaitu :

- Biaya awal
Biaya awal dari suatu item pembangunan merupakan investasi awal yang dibutuhkan untuk mengadakan pembangunan item tersebut dan tidak akan diulang selama masa pakainya.
- Biaya operasional dan perawatan
Biaya operasional dan perawatan adalah biaya-biaya yang senantiasa berulang-ulang yang diperlukan untuk operasional dan

merawat item bangunan tersebut selama masa pakainya, dan biasanya dinyatakan pertahun.

- **Biaya disposisi**

Biaya disposisi terjadi apabila siklus hidup suatu item bangunan berakhir masa pakainya sehingga biaya disposisi berada di akhir siklus hidup.

Dalam analisa ekonomi menggunakan cara yang disebut *life cyclecost*, di mana *life cycle cost* sebagai alat bantu dalam mencari alternatif-alternatif berbagai kemungkinan dalam pengambilan keputusan danmenggambarkan nilai sekarang dan nilai yang akan datang dari suatuprojek pembangunan selama umur manfaat proyek itu sendiri.

2.2.5 Tahap Rekomendasi

Menjelaskan hasil kerja tim rekayasa nilai kepada pihak manajemen. Tahap ini juga menjawab pertanyaan tentang alternatif mana yang terbaik, apa pengaruh dari pengembangan ide atas alternatif, bagaimana biayanya, dan bagaimana performansinya.

Tahapan ini bisa berupa suatu presentasi secara tertulis atau lisan yang ditujukan kepada semua pihak yang terlibat dalam memahami alternatif-alternatif yang akan dipilih dalam usulan tim VE yang dapat disampaikan secara singkat, jelas, cepat dan tanpa memojokkan salah satu pihak. Rekomendasi ini nantinya digunakan untuk menyakinkan owner atau pengambil keputusan.

2.3 Estimasi Biaya Konstruksi

2.3.1 Pengertian

Estimasi Biaya Kontruksi adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pembangunan/proyek tersebut (Ibrahim, 1994).

2.3.2 Biaya Konstruksi

Biaya konstruksi terdiri dari

1. Modal tetap (*fixed capital*)

Modal tetap adalah biaya yang dikeluarkan untuk membangun proyek atau menghasilkan produk yang diinginkan, mulai dari studi kelayakan, desain engineering, pengadaan konstruksi sampai instalasi atau proyek siap beroperasi penuh. Biaya modal tetap dibagi menjadi:

- Biaya langsung (*direct cost*) yaitu biaya untuk semua komponen permanen hasil akhir proyek. Biaya langsung antara lain: penyiapan lahan, instalasi bangunan (pipa, listrik, mekanikal), fasilitas pendukung (pembangkit listrik, AC), bangunan fisik proyek, peralatan utama yang tertera dalam gambar (laboratorium, dapur) dan pembebasan lahan.
- Biaya tidak langsung (*indirect cost*) yaitu biaya yang diperlukan untuk proses pembangunan proyek yang tidak menjadi instalasi atau produk permanen/fisik proyek. Biaya tidak langsung antara lain:
 1. Gaji dan tunjangan tim manajemen, engineers, 27nspector.
 2. Kendaraan dan peralatan konstruksi, termasuk bahan bakar dan suku cadang.
 3. Keuntungan pelaksana, pajak, izin dan asuransi.

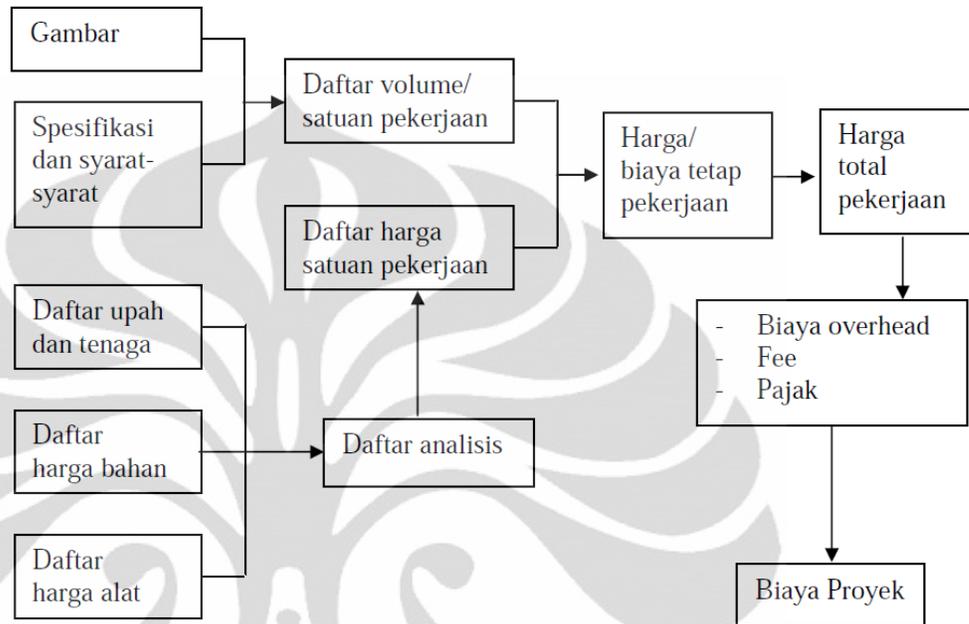
2. Modal kerja (*working capital*)

Modal kerja adalah biaya yang diperlukan untuk proyek mulai beroperasi sampai proyek selesai.

2.3.3 Estimasi Biaya Rinci Pekerjaan Struktur Bangunan

Estimasi biaya rinci pekerjaan struktur bangunan adalah estimasi biaya yang didasarkan pada perhitungan rinci item pekerjaan struktur bawah maupun atas yang ada pada proyek dan menggunakan analisis harga satuan. Estimasi biaya rinci pekerjaan struktur bawah dan atas dapat dilakukan jika gambar rencana struktur, spesifikasi dan data

lain sudah tersedia ataudengan kata lain pekerjaan desain perencanaan struktur sudah selesai. Secara umum perhitungan estimasi biaya rinci seperti pada bagan berikut :



Gambar 2.5: Skema perhitungan estimasi biaya rinci

2.3.4 Harga Satuan Pekerjaan Struktur Bangunan

Harga satuan pekerjaan struktur bawah maupun atas merupakan harga item pekerjaan struktur yang akan dilaksanakan, sehingga dengan memiliki harga satuan pekerjaan tersebut akan dapat menghitung biaya total pekerjaan struktur tersebut. Harga satuan pekerjaan meliputi:

1. Biaya bahan/material

Material adalah seluruh elemen proyek yang nantinya menjadi bagian dalam hasil akhir proyek. Material di sini antara lain barang elektronik, dan mekanikal seperti elevator, escalator, transformator seperti halnya dengan kayu, baja struktur, beton dan cat. Harga bahan berbeda satu dengan yang lainnya dikarenakan sesuai dengan jenis dan mutu/spesifikasinya. Harga material dapat diperoleh dengan memakai harga langsung dari produsen maupun dari distributor.

2. Biaya upah tenaga kerja

Biaya upah tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar tenaga kerja dalam pelaksanaan proyek. Besar kecilnya upah tenaga kerja ditentukan oleh keterampilan yang dimiliki.

3. Biaya peralatan

Biaya peralatan adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar semua keperluan yang berhubungan dengan perlengkapan yang digunakan dalam pelaksanaan item pekerjaan pada sebuah proyek.

4. Biaya lain-lain

Biaya lain-lain yang dimaksud adalah biaya subkontraktor, biaya tambahan, *overhead* proyek, *overhead* umum dan markup.

- Biaya subkontraktor adalah biaya yang dikeluarkan kontraktor utama kepada subkontraktor karena sebagian pekerjaan dilaksanakan oleh subkontraktor.
- Biaya *overhead* proyek adalah biaya-biaya tidak langsung yang dimasukkan ke dalam suatu pekerjaan tertentu tetapi untuk selesainya proyek yang dikeluarkan di lokasi proyek.
- Biaya *overhead* umum adalah biaya *overhead* yang dikeluarkan di kantor pusat meliputi seluruh biaya yang dikeluarkan oleh kantor pusat untuk menjalankan bisnisnya.

2.3.5 Harga Pekerjaan Struktur Bangunan

Harga pekerjaan struktur bawah maupun atas didapatkan dari hasil perkalian antara volume pekerjaan struktur tersebut dengan harga satuan pekerjaan.

HP : Vol x HSP

di mana :

- HP : harga pekerjaan
- Vol : volume tiap pekerjaan
- HSP : harga satuan pekerjaan

2.4 Beton

Istilah-istilah beton menurut SK SNI T-15-1991-03 diantaranya :

1. Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat.
2. Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang diisyaratkan dengan atau tanpa prategang dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama - sama dalam menahan gaya yang bekerja.
3. Kuat tekan yang diisyaratkan $f'c$ adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencanaan struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam mega pascal (MPa).
4. Kuat tarik leleh f_y adalah kuat tarik leleh minimum yang diisyaratkan atau titik leleh dari tulangan dalam mega pascal (MPa).
5. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan.

2.5 Beton Precast/Pracetak

2.5.1 Definisi Precast Concrete (Beton Pracetak)

Beton pracetak menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan. Menurut Triwiyono (2005) beton pracetak biasanya tersusun dari komponen-komponen yang dibuat atau dicetak tidak pada posisi akhir. Komponen-komponen ini dipersiapkan di tempat lain untuk kemudian diangkat, diangkut dan dipasang pada posisi akhir untuk disatukan dengan komponen lain membentuk suatu bangunan utuh. Jenis beton pracetak diantaranya balok, kolom, pelat dan pondasi.

Terdapat 4 jenis pelat pracetak yang ada dipasaran, yaitu :

- Hollow core floor units
- Double-tee floor slab
- Planks floors

- Bubble floors

Agar pelat pracetak menjadi satu kesatuan, biasanya diatasnya dicor beton bertulang yang disebut dengan topping. Alasan pemakaian topping antara lain :

- Kekakuan lentur lebih besa
- Meningkatkan ketahanan terhadap getaran, akustik, termal
- Membuat lantai berperilaku sebagai diafragma
- Membuat finishing lantai lebih baik dan menerus
- Menaikkan stabilitas horizontal

Persyaratan topping antara lain :

- Tebal minimum 40 mm
- Kuat tekan beton $f_c = 22,5$ MPa atau lebih
- Rasio tulangan minimal $\rho = 0,0013$

Precast Concrete atau Beton pra-cetak menunjukkan bahwa komponen struktur beton tersebut : tidak dicetak atau dicor ditempat komponen tersebut akan dipasang. Biasanya ditempat lain, dimana proses pengecoran dan *curing*-nya dapat dilakukan dengan baik dan mudah. Jadi komponen beton pra-cetak dipasang sebagai komponen jadi, tinggal disambung dengan bagian struktur lainnya menjadi struktur utuh yang terintegrasi.

Karena proses pengecorannya di tempat khusus (bengkel frabrikasi), maka mutunya dapat terjaga dengan baik. Tetapi agar dapat menghasilkan keuntungan, maka beton pra-cetak hanya akan diproduksi jika jumlah bentuk *typical*-nya mencapai angka minimum tertentu, sehingga tercapai *break-event-point*-nya. Bentuk *typical* yang dimaksud adalah bentuk-bentuk yang repetitif, dalam jumlah besar.

2.5.2 Permasalahan Umum Pada Pengembangan Sistem Beton Pracetak

Ada 5 masalah utama dalam pengembangan system pracetak :

1. Kerjasama dengan perencana di bidang lain yang terkait, terutama dengan pihak arsitektur dan mekanikal/elektrikal/plumbing.
2. Sistem ini relative baru

3. Kurang tersosialisasikan jenisnya, produk dan kemampuan system pracetak yang telah ada.
4. Keandalan sambungan antarkomponen untuk system pracetak terhadap beban gempa yang selalu menjadi kenyataan
5. Belum adanya pedoman perencanaan khusus mengenai tata cara analisis, perencanaan serta tingkat kendala khusus untuk system pracetak yang dapat dijadikan pedoman bagi pelaku konstruksi

2.5.3 Sistem Beton Pracetak

Pada pembangunan struktur dengan bahan beton dikenal 3 (tiga) metode pembangunan yang umum dilakukan, yaitu system konvensional, system formwork dan system pracetak.

Sistem konvensional adalah metode yang menggunakan bahan tradisional kayu dan triplek sebagai formwork dan perancah, serta pengecoran beton di tempat. Sistem formwork sudah melangkah lebih maju dari system konvensional dengan digunakannya system formwork dan perancah dari bahan metal. Sistem formwork yang telah masuk di Indonesia, antara lain System Outinord dan Mivan. Sistem Outinord menggunakan bahan baja sedangkan Sistem Mivan menggunakan bahan aluminium.

Pada sistem pracetak, seluruh komponen bangunan dapat difabrikasi lalu dipasang di lapangan. Proses pembuatan komponen dapat dilakukan dengan kontrol kualitas yang baik.

2.5.4 Sistem Koneksi

1. Sambungan

Pada umumnya sambungan–sambungan bias dikelompokkan sebagai berikut :

- Sambungan yang pada pemasangan harus langsung menerima beban (biasanya beban vertikal) akibat beban sendiri dari komponen .

- Sambungan yang pada keadaan akhir akan harus menerima beban-beban yang selama pemasangan diterima oleh pendukung pembantu.
- Sambungan pada mana tidak ada persyaratan ilmu gaya tapi harus memenuhi persyaratan lain seperti : kekedapan air, kekedapan suara.
- Sambungan-sambungan tanpa persyaratan konstruktif dan semata-mata menyerdikan ruang gerak untuk pemasangan .

2. Ikatan

Cara mengikatkan atau melekatkan suatu komponen terhadap bagian komponen konstruksi yang lain secara prinsip dibedakan sebagai berikut :

a. Ikatan Cor (In Situ Concrete Joint)

Penyaluran gaya dilakukan lewat beton yang dicor

- Diperlukan penunjang / pendukung pembantu selama pemasangan sampai beton cor mengeras
- Penyetelan berlangsung dengan bantuan adanya penunjang / pendukung pembantu. Toleransi penyusutan ‘ diserap ‘ oleh Coran Beton.

b. Ikatan Terapan

Cara menghubungkan komponen satu dengan yang lain secara “lego” (permainan balok susun anak-anak) disebut Ikatan Terapan. Dimulai dengan cara hubungan “perletakan“, kemudian berkembang menjadi “ Saling Menggigit“. Proses pemasangan dimungkinkan tanpa adanya pendukung / penunjang pembantu.

c. Ikatan Baja

Bahan pengikat yang dipakai : Pelat baja dan Angkur.

Sistem ikatan ini dapat dibedakan sebagai berikut :

- Menyambung dengan cara di las (Welded Steel)
- Menyambung dengan Baut / Mur / Ulir (Corbel Steel)

Catatan :

- Harga dari profil baja sebagai pengikat tinggi
- Mungkin dilaksanakan tanpa pendukung / penunjang
- Harus dilindungi dari : korosi, api dan bahan kimia. Dengan Mortar / In Situ concrete Joint sebagai pelindung / Finishing ikatan.

d. Ikatan Tegangan

Merupakan perkembangan lebih jauh dari ikatan baja dengan memasukan unsure Post Tensioning dalam system koneksi.

- Memerlukan penunjang / pendukung Bantu selama pemasangan
- Perlu tempat / ruang yang relatif besar untuk Post Tensioning
- Angker cukup mahal

3. Simpul

- Merupakan kunci dalam struktur yang memakai komponen pra – cetak dan merupakan tempat pertemuan antara 2 atau lebih komponen struktur
- Secara garis besar dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Simpul Primer

Pertemuan yang menghubungkan kolom dengan balok dan juga terhadap pelat lantai. Disini beban dari pelat akan diteruskan ke pendukung-pendukung vertical.

b. Simpul Pertemuan Kolom

Pertemuan dimana beban-beban vertical dan sesewaktu momen-momen juga disalurkan.

c. Simpul Penyalur Sekunder-Primer (Pelat Balok)

Untuk menyalurkan beban vertical

d. Simpul Pendukung sesama Pelat / dengan Balok dan Kolom

Untuk menyalurkan beban horizontal dalam bentuk tegangan tekan – tarik dan geser

e. Simpul yang Mampu Menahan Momen

Yang secara statis bisa membentuk komponen pendukung tapi oleh alasan tertentu.

Misal : Transportasi dibuat terdiri dari 2 atau lebih bagian

2.5.5 Pembuatan Beton Pracetak

Proses produksi/pabrikasi beton pracetak dapat dibagi menjadi tiga tahapan berurutan yaitu :

1. Tahap Design

Proses perencanaan suatu produk secara umum merupakan kombinasi dari ketajaman melihat peluang, kemampuan teknis, kemampuan pemasaran. Persyaratan utama adalah struktur harus memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan kestabilan pada masa layannya

2. Tahap Produksi

Beberapa item pekerjaan yang harus dimonitor pada tahap produksi :

- Kelengkapan dari perintah kerja dan gambar produk
- Mutu dari bahan baku
- Mutu dari cetakan
- Mutu atau kekuatan beton
- Penempatan dan pepadatan beton
- Ukuran produk
- Posisi pemasangan
- Perawatan beton
- Pemindahan, penyimpanan dan transportasi produk
- Pencatatan (record keeping)

Tahap produksi terdiri dari :

- Persiapan
- Pabrikasi tulangan dan cetakan
- Penakaran dan pencampuran beton

- Penuangan dan pengecoran beton
- Transportasi beton segar
- Pemadatan beton
- Finishing / repairing beton
- Curing beton

3. Tahap Pascaproduksi

Terdiri dari tahap penanganan (handling), penyimpanan (storage), penumpukan (stacking), pengiriman (transport dan tahap pemasangan di lapangan (site erection)

Yang perlu diperhatikan dalam system transportasi adalah :

- Spesifikasi alat transport : lebar, tinggi, beban maks, dimensi elemen
- Route transport : jarak, lebar jalan, kepadatan lalu lintas, ruang bebas bawah jembatan, perijinan dari instansi yang berwenang.

Pemilihan alat angkut dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Macam komponennya : linier atau pelat
- Ketinggian alat angkat : berhubungan dengan ketinggian bangunan yang akan dibangun
- Berat komponen : berdasarkan beban maksimum
- Kondisi local : pencapaian lokasi dan topografi

Menurut tempat pembuatan beton pracetak dibagi 2 yaitu :

- Dicor di tempat disebut Cast In Situ
- Dicor di pabrik

Menurut perlakuan terhadap bajanya dibagi 2 yaitu :

- Beton pracetak biasa
- Beton prategang pracetak

Ada 2 prinsip yang berbeda pada beton prategang :

- Pre-tensioned Prestressed Concrete
- Post-tensioned Prestressed Concrete

2.5.6 Metode Membangun Dengan Konstruksi Pracetak

1. Serangkaian kegiatan yang dilakukan pada proses produksi adalah :

- Pembuatan rangka tulangan
- Pembuatan cetakan
- Pembuatan campuran beton
- Pengecoran beton
- Perawatan (curing)
- Penyempurnaan akhir
- Penyimpanan

2. Transportasi Dan alat angkut

Transportasi adalah pengangkatan elemen pracetak dari pabrik ke lokasi pemasangan. Sistem transportasi berpengaruh terhadap waktu, efisiensi konstruksi dan biaya transport.

Yang perlu diperhatikan dalam system transportasi adalah :

- Spesifikasi alat transport
- Ronte transport
- Perijinan

Alat angkat yaitu memindahkan elemen dari tempat penumpukan ke posisi penyambungan (perakitan).

Peralatan angkat untuk memasang beton pracetak dapat dikategorikan sebagai berikut :

- Keran mobile
- Keran teleskopis
- Keran menara
- Keran portal

3. Pelaksanaan Konstruksi (Ereksi)

Metode dan jenis pelaksanaan konstruksi precast diantaranya adalah :

- a. Dirakit per elemen
- b. Lift – Slab system

Adalah pengikatan elemen lantai ke kolom dengan menggunakan dongkrak hidrolis.

Prinsip konstruksinya sebagai berikut :

- Lantai menggunakan pelat-pelat beton bertulang yang dicor pada lantai bawah
- Kolom merupakan penyalur beban vertical dapat sebagai elemen pracetak atau cor di tempat.
- Setelah lantai cukup kuat dapat diangkat satu persatu dengan dongkrak hidrolis.

4. Slip – Form System

Pada system ini beton dituangkan diatas cetakan baja yang dapat bergerak memanjat ke atas mengikuti penambahan ketinggian dinding yang bersangkutan.

5. Push – Up / Jack – Block System

Pada system ini lantai teratas atap di cor terlebih dulu kemudian diangkat ke atas dengan hidranlic – jack yang dipasang di bawah elemen pendukung vertical.

6. Box System

Konstruksi menggunakan dimensional berupa modul-modul kubus beton.

2.5.7 Prinsip Konstruksional

Berikut prinsip-prinsip yang dapat diterapkan untuk desain struktural :

- Struktur terdiri dari sejumlah tipe-tipe komponen yang mempunyai fungsi seperti balok, kolom, dinding, pelat lantai dll
- Tiap tipe komponen sebaiknya mempunyai sedikit perbedaan
- Sistem sambungan harus sederhana dan sama satu dengan yang lain, sehingga komponen-komponen tersebut dapat dibentuk oleh metode yang sama dan menggunakan alat Bantu yang sejenis
- Komponen harus mampu digunakan untuk mengerjakan beberapa fungsi
- Komponen-komponen harus cocok untuk berbagai keadaan dan tersedia dalam berbagai macam-macam ukuran produksi

- Komponen –komponen harus mempunyai berat yang sama sehingga mereka bias secara hemat disusun dengan menggunakan peralatan yang sama

Ada tiga macam konstruksi prefabrikasi :

1. Pembuatan didalam sebuah pabrik, dimana komponen-komponen mudah untuk dibuat dan nyaman untuk pengangkutan
2. Pembuatan pada site dengan menggunakan alat-alat mekanik
3. Rangkaian dari komponen dirakit ke dalam komponen-komponen yang lebih luas

2.5.8 Klasifikasi Sistem Beton Pracetak

Sistem pracetak dibagi menjadi dua kategori yaitu :

1. Sebagai Komponen Struktur

- **Tiang pancang beton dan system sambungan**

Ada beberapa bentuk dari tiang pancang. Bentuk yang paling umum adalah persegi massif, karena paling mudah dibuat. Varian lain adalah bentuk bulat berongga (spinning) dalam cetakan yang berbentuk bulat.

- **Pelat Lantai Pracetak**

Pada tahun 1984, komponen pracetak lantai mulai dikenal di Indonesia pada pembangunan menara BDNI. Bentuk yang umum digunakan adalah pelat prategang berongga (hollow core slab).

- **Girder jembatan dan Jalan Layang**

Komponen ini sangat populer karena jelas lebih mudah dibandingkan struktur baja. Varian pertama berbentuk void slab, dengan system prategang pratarik, varian berbentuk I , dengan system prategang pascatarik, varian berbentuk Y, varian berbentuk box dengan system prategang pascatarik.

- **Turap**

Adalah struktur geoteknik yang fungsinya menanam perbedaan tinggi tanah, misalnya pada struktur galian, kolam atau timbunan.

- **Bantalan Rel**

Sejak jaman Belanda bahan kayu populer digunakan unyruk bantalan rel.

2. Sebagai system struktur

- **Sistem Waffle Crete (1995)**

Sistem ini termasuk katagori system dinding pemikul dengan komponen pracetak berupa panel lantai dan panel dinding beton bertulang yang disambung dengan baut baja.

- **Sistem Column-Slab (1996)**

Keunggulan system ini terletak pada perencanaan struktur elemen dan kepraktisan pemasangannya. Pemasangan ini sangat cepat yaitu dua hari perlantai bangunan.

- **Sistem L Shape Wall (1996)**

Komponen utamanya adalah dinding pracetak beton bertulang L, yang berfungsi juga sebagai dinding pemikul.

- **Sistem All Load Bearing Wall (1997)**

Komponen pracetaknya adalah komponen dinding dan lantai beton bertulang massif setebal 20 cm, merupakan system dinding pemikul.

- **Sistem Bangunan Jasubakim (1998)**

Sistem ini termasuk kategori system pracetak komposit hybrid berbentuk langka. Sistem ini mengkombinasikan monolit konvensional, formwork dan pracetak. Komponen pracetak ini selain bersifat struktur juga berfungsi sebagai formwork dan perancah untuk beton cor di tempat.

- **Sistem Bresphaka(1999)**

Ciri khas system ini adalah menggunakan bahan beton ringan untuk komponen kolom dan balok. Bahan beton ringan utamanya adalah agregat kasar yang terbuat dari bahan abu terang. Ciri khas yang lain adalah kolom berbentuk T serta komponen lainnya adalah balok dan pelat.

- **Sistem, Cerucuk Matras Beton**

Solusinya dengan menggunakan system cerucuk matras beton yang dapat dipasang sedalam yang direncanakan dengan melakuakn penyambungan, sehingga dapat diperoleh daya dukung, penurunan dan tingkat kestabilan yang diinginkan.

2.5.9 Komponen Struktur Yang Sering Digunakan

Ada beberapa tipe Precast Concrete yang sering digunakan saat ini, yaitu sebagai berikut :

1. Pelat lantai pre-cast (*hollow-core slab*)

Penggunaan produk *precast concrete* sebagai pelat lantai, relatif sudah banyak dijumpai disini. Dengan digunakan *precast* maka pemakaian bekisting dan perancah akan berkurang drastis sehingga dapat menghemat waktu pelaksanaan. Salah satu produk *precast* untuk lantai adalah *precast hollow core slab*.

Sistem *precast hollow core slab* menggunakan sistem *pre-tensioning* dimana kabel prategang ditarik terlebih dahulu pada suatu dudukan khusus yang telah disiapkan dan kemudian dilakukan pengecoran. Oleh karena itu pembuatan produk *precast* ini harus ditempat fabrikasi khusus yang menyediakan dudukan yang dimaksud. Adanya lobang dibagian tengah pelat secara efektif mengurangi berat sendirinya tanpa mengurangi kapasitas lenturnya. Jadi *precast* ini relatif ringan dibanding solid slab bahkan

karena digunakannya *pre-stressing* maka kapasitasnya dukungngya lebih besar.

Keberadaan lobang pada slab tersebut sangat berguna jika diaplikasikan pada bangunan tinggi karena mengurangi bobotnya lantai. Bayangkan saja, untuk solid slab, tebal 120 mm saja maka beratnya adalah sekitar 288 kg/m^2 hampir sama dengan berat beban hidup rencana untuk kantor yaitu 300 kg/m^2 . Padahal kontribusi kekuatan pelat hanya untuk mendukung pembebanan tetap saja (DL + LL). Bahkan karena beratnya tersebut akan menjadi penyumbang utama besarnya gaya gempa. Jadi jika berat lantai berkurang maka beban gempa rencananya juga kurang. Dengan demikian penggunaan lantai precast yang ringan juga mengurangi resiko bahaya gempa.

2. Dinding Luar (*Skin-wall*)

Industri konstruksi semakin bergairah dengan adanya produk *precast concrete* yang dapat dipasang cepat dan kualitasnya sangat baik. Tidak hanya dari sisi struktur, yaitu kekuatan dan kekakuannya saja, tetapi juga dari sisi arsitekturalnya yaitu penampakan luar (keindahan). Oleh karena itu, arsitek yang berorientasi maju pasti akan memikirkan alternatif pemakaian produk *precast* untuk bangunan rancangannya.

Bagaimana tidak, dengan digunakannya *precast* maka semua komponen yang seharusnya dikerjakan di atas bangunan sehingga susah dijangkau arsitek untuk diawasi maka dapat dilakukan di bawah sehingga si arsitek dengan leluasa mengawasi kualitas produk yang akan dipasangnya. Kecuali itu, umumnya produk *precast* adalah untuk komponen-komponen yang berulang (repetitif) sehingga prosesnya seperti halnya industri pada umumnya, dibuat satu dulu sebagai

contoh, jika memuaskan akan dikerjakan lainnya dengan kualitas yang sama.

Untuk produk *precast*, yang sangat berperan adalah teknologi yang digunakannya. Siapa yang membuatnya. Tidak hanya perencanaannya saja yang harus bagus tetapi juga perlu pelaksanaan yang baik. *Precast for finishing*, yang diperuntukkan untuk keindahan, yang terlihat dari luar untuk ditampilkan, jelas lebih sulit dibanding produk *precast* yang sekedar untuk komponen struktur saja. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan, misalnya : ketahanan terhadap cuaca (tidak retak, keramik lepas atau berubah warna), kebocoran terhadap air hujan (teknologi karet sealant, seperti yang terpasang pada pintu mobil), presisi yang tinggi, juga detail yang benar dari takikan-takikan yang dibuat agar air yang menyimpannya selama bertahun-tahun tidak meninggalkan jejak yang terlihat dari luar, juga detail sambungan dengan bangunan utamanya, bagaimana mengantisipasi deformasi bangunan yang timbul ketika ada gempa dll-nya tanpa mengalami degradasi kinerja dan lainnya. Oleh karena itulah perusahaan *precast* untuk keperluan finishing yang sukses di Jakarta tidaklah banyak.

3. Komponen Tangga (*Precast Stair*)

4. Transportasi Jalan Raya (*Road Transportation*)

- Transportasi jalan raya sangat cocok untuk skala pembangunan dengan site yang luas
- Sangat tergantung pada persyaratan legal Negara setempat khususnya dalam persyaratan : lebar, ketinggian, panjang dan beban objek yang diangkut
- Desain yang dibuat harus mempertimbangkan keadaan ini. Apabila komponen tidak memenuhi maka ia membutuhkan biaya tambahan dalam kesulitan transportasi disamping membutuhkan pengawalan khusus petugas jalan raya

- Panjang maximum unit precast yang diisyaratkan dalam satu angkutan tidak melebihi 30 m
- Transportasi angkutan yang rendah (biasanya untuk panel dinding dan lantai memiliki kemampuan angkut 250 ton
- Untuk objek angkut panel dinding dan lantai sangat cocok menggunakan kendaraan yang dilengkapi dengan kerangka khusus yang dapat mendukung dan melindungi objek angkut.
- Untuk objek yang panjang dan beban yang lebih besar dapat menggunakan dua gerobak yang dihubungkan oleh beton precast itu sendiri

2.5.10 Kelebihan Dan Kekurangan Beton Pracetak

Prinsip dari sistem pracetak ini adalah dicetak atau dicor terlebih dahulu sebelum di install. Berbicara tentang sistem precast maka hal pertama untuk dijadikan pertimbangan memakai sistem ini adalah bentuk yang tipikal dan jumlah yang banyak. Contoh pekerjaan yang sering dibuat menggunakan sistem precast antara lain, saluran air, balok, anak tangga dan pekerjaan - pekerjaan yang sifatnya berulang dan banyak.

Keuntungan menggunakan sistem pracetak antara lain waktu yang lebih efisien, memang sangat efisien jika jenis pekerjaannya tipikal. Sementara pekerjaan precast disiapkan kita bisa bekerja untuk bagian yang lain. Selain memiliki kelebihan sistem ini juga memiliki kekurangan, antara lain system precast memerlukan analisa yang lebih rumit dibanding dengan cetak langsung ditempat. Kita harus memperhitungkan sistem sambungan, pertemuan tulangan apakah sudah memenuhi panjang penyaluran atau belum serta saat perencanaan sudah harus memikirkan lokasi pembuatan sistem pengangkutan dan sistem installasi.

1. Keuntungan Beton Pracetak

- Pengendalian mutu teknis dapat dicapai, karena proses produksi dikerjakan di pabrik dan dilakukan pengujian laboratorium
- Waktu pelaksanaan lebih singkat
- Dapat mengurangi biaya pembangunan
- Tidak terpengaruh cuaca

2. Kendala Precast

- Membutuhkan investasi awal yang besar dan teknologi maju
- Dibutuhkan kemahiran dan ketelitian
- Diperlukan peralatan produksi (transportasi dan ereksi)
- Bangunan dalam skala besar

2.5.11 Metode Pelaksanaan Pemasangan

Bentuk dan jenis sambungan merupakan bagian penting pada konstruksi beton *precast*. Pada sambungan basah, penyambungan dilakukan dengan cara *grouting* atau pengecoran di tempat. Penyambungan ini bertujuan mendapatkan kekuatan sambungan balok-balok beton pracetak dengan pembebanan statis dan kemampuan struktur yang disambung untuk meredam gaya luar yang bekerja dari pengujian dinamis. Metode penyambungan elemen beton pracetak menggunakan bahan beton polimer dengan kecepatan pengeringan 15 menit. Dengan metode ini kecepatan konstruksi struktur pracetak akan lebih cepat dibanding dengan cor di tempat. Selain itu mutu material elemen struktur menggunakan beton pracetak akan lebih baik

Untuk mendapatkan struktur beton pracetak yang mempunyai redaman yang besar, maka sambungan elemen beton pracetak mempunyai konfigurasi tulangan pada sambungan yang tidak kaku. Pada sambungan tipe-A, tulangan tengah tidak disambung tetapi ditekuk 45° ke arah pusat sambungan. Tipe ini mempunyai daya redam yang besar daripada sambungan tipe-B yang seluruh tulangan utamanya

diteruskan. Metode ini dapat diperluas dengan meneliti sambungan kolom-balok, kolom-kolom, dan kolom-fondasi. Selain itu jenis sambungan dapat menggunakan sambungan kering yang menggunakan baut atau sistem las.

2.5.12 Beberapa Prinsip Cara Pemasangan (Erection)

1. Cara pemasangan perbagian (vertical)

- Dilakukan trave per trave
- Cocok untuk bangunan dengan luas lantai besar
- Perlu landasan yang cukup kuat, Mobil crane bias bergerak memenuhi jarak jangkau
- Lengan momem untuk crane tidak terlalu besar sehingga berat komponen lebih leluasa
- Biasanya untuk 3-5 tingkat

2. Cara pemasangan perlapis (horizontal)

- Dilakukan lantai perlantai
- Perlu alat pengangkat yang dapat mencari seluruh bagian bangunan
- Karena besarnya momen crane, berat komponen terbatas terutama palt lantai
- Crane yang biasa digunakan Tower CXrane Putar
- Diperlukan penunjang kolom selama pemasangan

3. Cara pemasangan Lift Slab

- Kolom menerus pelat lantai di cor satu diatas yang lain
- Alat pengangkat Hidraulis
- Perlu pasak untuk pengunci dalam pemasangan

4. Cara Pemasangan Jack Block

- Lantai teratas disiapkan diatas permukaan tanah Hidraulis Jack dipasang di bawah komponen pendukung vertical
- Dengan mengatur secara berganti penggunaan hydraulic Jack dan penempatan penunjang (dari blok beton) seluruh komponen diangkat ke atas

- Setelah mencapai ketinggian lantai yang diinginkan, lantai berikutnya dipersiapkan di permukaan tanah
- Demikian seterusnya

5. Cara Pemasangan Kombinasi

- Penggunaan cara pemasangan dengan berbagai cara
- Ini cara yang paling lazim

2.6 Beton Bertulang

2.6.1 Pengertian

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 batangan-batangan baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang dan Salmon, 1985).

2.6.2 Pelat

Menurut Szilard (1974) Pelat adalah struktur bidang (permukaan) yang lurus, (datar atau tidak melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi lainnya. Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila beban yang dipikul pelat dalam kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling pelat (Wang dan Salmon, 1985).

Dalam perencanaan pelat 2 arah (Tugas Besar Bima Sukma dan Servolus Vian Adur) memakai rumus-rumus sebagai berikut:

1. Tebal Pelat

Agar tebal pelat cukup mampu terhadap lendutan maka harus memenuhi tebal minimum.

- ◆ Tebal pelat minimum yang digunakan yaitu :

$$h = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y}{1,500} \right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

untuk $\alpha_m > 2$

$$h = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y}{1,500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0.2)} \geq 120 \text{ mm}$$

untuk $0.2 < \alpha_m \leq 2$

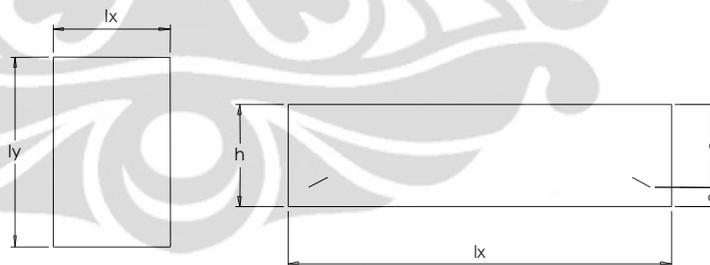
keterangan:

t : tebal pelat 1 arah maupun 2 arah minimum (mm)

l_n : panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi 2 arah, diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

β : rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah

◆ Pelat Satu Arah ($\frac{l_y}{l_x} \geq 2.5$)

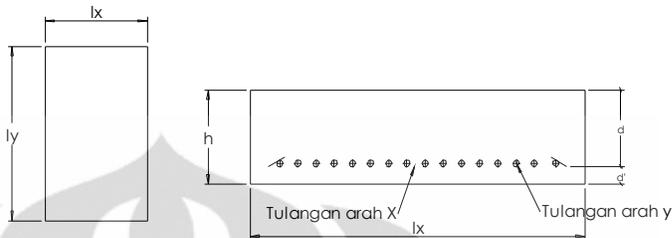


Gambar 2.6 : Ilustrasi Penampang Pelat Satu Arah

$$d = h - d' - \frac{1}{2}\phi_x$$

$$h_{min} = \frac{l_x}{10} \left(0.4 \frac{f_y}{700} \right)$$

◆ Pelat Dua Arah ($\frac{l_y}{l_x} \leq 2.5$)



Gambar 2.7 : Ilustrasi Penampang Pelat Dua Arah

arah x :

$$d_x = h - d' - \frac{1}{2}\phi_x$$

arah y :

$$d_y = d = h - d' - \phi_x - \frac{1}{2}\phi_y$$

2. Beban Berfaktor

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

Di mana :

W_u = beban berfaktor

DL = beban mati

LL = beban hidup

3. Momen Rancang

Dalam mencari momen rancang pelat membutuhkan faktor pengali momen, beban berfaktor dan panjang efektif. Dituliskan dalam rumus sebagai berikut:

a. $M_{t,x} = C_x - . 0,001 . q . L_x^2$

di mana :

$M_{t,x}$ = momen rancang tumpuan arah x

C_x = faktor pengali momen arah x

Q = beban berfaktor

L_x = panjang efektif arah x

b. $M_{l,x} = C_x + . 0,001 . q . L_x^2$

di mana :

$M_{t,x}$ = momen rancang lapangan arah x

C_x^- = faktor pengali momen arah x

q = beban berfaktor

L_x = panjang efektif arah x

$$c. M_{t,y} = C_x^- \cdot 0,001 \cdot q \cdot L_x^2$$

di mana :

$M_{t,y}$ = momen rancang tumpuan arah y

C_y^- = faktor pengali momen arah y

q = beban berfaktor

L_x = panjang efektif arah x

$$d. M_{l,y} = C_y^+ \cdot 0,001 \cdot q \cdot L_x^2$$

di mana :

$M_{l,y}$ = momen rancang lapangan arah

C_y^+ = faktor pengali momen arah y

q = beban berfaktor

L_x = panjang efektif arah x

$$e. M_{tix} = \frac{1}{2} M_{Lx}$$

$$f. M_{tiy} = \frac{1}{2} M_{Ly}$$

4. Tulangan Lapangan

- arah X

$$M_{MLx} = \frac{M_{tix}}{\phi}$$

$$M_{MLx} = A_s \cdot f_y \cdot \left(d_x - \frac{A_s \cdot f_y}{1.7 \cdot f_c' \cdot b} \right)$$

- Cek Daktilitas

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d_x}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \left[\frac{0.85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right]$$

- Jumlah Tulangan

$$As = \rho \cdot b \cdot h_f$$

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2}$$

$$s = \frac{b}{n}$$

- arah Y

$$M_{MLY} = \frac{M_{LY}}{\phi}$$

$$M_{MLY} = As_y \cdot f_y \cdot \left(d_y - \frac{As_y \cdot f_y}{1.7 \cdot f_c' \cdot b} \right)$$

- Cek Daktilitas

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \left[\frac{0.85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right]$$

- Jumlah Tulangan

$$As = \rho \cdot b \cdot h_f$$

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2}$$

$$s = \frac{b}{n}$$

5. Tulangan Tumpuan

- arah X

$$M_{MTX} = \frac{M_{TX}}{\phi}$$

$$M_{TLX} = As_x \cdot f_y \cdot \left(d_x - \frac{As_x \cdot f_y}{1.7 \cdot f_c' \cdot b} \right)$$

- Cek Daktilitas

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d_x}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \left[\frac{0.05 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right]$$

- Jumlah Tulangan

$$As = \rho \cdot b \cdot h_f$$

$$n = \frac{As}{1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2}$$

$$s = \frac{b}{n}$$

- arah Y

$$M_{NTY} = \frac{M_{TY}}{\phi}$$

$$M_{NTY} = As_y \cdot f_y \cdot \left(d_y - \frac{As_y \cdot f_y}{1.7 \cdot f_c' \cdot b} \right)$$

- Cek Daktilitas

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \cdot \left[\frac{0.85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right]$$

- Jumlah Tulangan

$$As = \rho \cdot b \cdot h_f$$

$$n = \frac{As}{1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2}$$

$$s = \frac{b}{n}$$



BAB 3.

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian jenis metodedeskriptif. Menurut Bogdan dan Bikien (1982) studi kasus merupakan pengujian secara rinci terhadap satu latar atau satu orang subjek atau satu tempat penyimpanan dokumen atau satu peristiwa tertentu. Surachnad (1982) membatasi pendekatan studi kasus sebagai suatu pendekatan dengan memusatkan perhatian pada suatu kasus secara intensif dan rinci. Sementara Yin (1987) memberikan batasan yang lebih bersifat teknis dengan penekanan pada ciri-cirinya. Ary, Jacobs, dan Razavieh (1985) menjelaskan bahwa dalam studi kasus hendaknya peneliti berusaha menguji unit atau individu secara mendalam. Para peneliti berusaha menemukan semua variabel yang penting. Berdasarkan batasan tersebut dapat dipahami bahwa batasan studi kasus meliputi: (1) sasaran penelitiannya dapat berupa manusia, peristiwa, latar, dan dokumen; (2) sasaran-sasaran tersebut ditelaah secara mendalam sebagai suatu totalitas sesuai dengan latar atau konteksnya masing-masing dengan maksud untuk memahami berbagai kaitan yang ada di antara variabel-variabelnya.

Metode deskriptif menurut jenis masalah yang diselidiki penelitian yang dilakukan termasuk jenis penelitian studi kasus. Menurut Maxfield (1930), penelitian kasus atau studi kasus adalah penelitian tentang kasus subyek penelitian yang berkenaan dengan suatu fase spesifik atau khas dari keseluruhan personalitas. Subyek penelitian dapat saja dari individu, kelompok, lembaga maupun masyarakat. Tujuan dari penelitian kasus adalah untuk memberikan gambaran secara mendetail tentang latar belakang, sifat serta karakter yang khas dari kasus, yang kemudian dari sifat-sifat khas tersebut akan dijadikan suatu hal yang bersifat umum.

3.2 Proses Penelitian

3.2.1 Tahap Persiapan

Sebelum melakukan proses penelitian peneliti harus melakukan tahap persiapan, diantaranya mengumpulkan atau mencari data-data proyek. Pencarian data dapat dilakukan baik pada konsultan, kontraktor maupun pada Dinas Pekerjaan Umum yang menangani proyek-proyek besar. Setelah mendapatkan data proyek kemudian peneliti melakukan survey ke lokasi proyek untuk mendapatkan gambaran umum kondisi lapangan. Selain itu peneliti juga melakukan studi pustaka baik melalui buku-buku, internet, peraturan-peraturan Departemen Pekerjaan Umum dan peraturan-peraturan lainnya yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan tambahan pengetahuan.

3.2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian dikelompokkan menjadi 2, yaitu :

1. Data Primer

Data primer adalah data pokok yang digunakan dalam melakukan analisis *value engineering*. Data primer dapat berupa data-data teknis dari proyek, seperti gambar bestek, Rencana Anggaran Biaya (RAB), Rencana Kerja dan Syarat (RKS).

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisis VE. Data sekunder, diantaranya data mengenai daftar harga satuan dan analisa pekerja, data bahan atau material bangunan yang digunakan, data alat-alat berat, data tenaga kerja, peraturan-peraturan bangunan gedung dari Departemen Pekerjaan Umum dan data-data lainnya yang dapat dijadikan referensi dalam menganalisis VE.

3.2.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara :

1. Metode Pengambilan Data Primer

Yaitu metode dengan cara melakukan survey langsung atau observasi pada pihak konsultan yang menangani proyek tersebut, yaitu dengan melakukan wawancara kepada staf kosultan di proyek tersebut yang berkepentingan atas kegiatan yang bersangkutan dengan penelitian “*Value Engineering*” ini

2. Metode Pengambilan Data Sekunder

Yaitu metode dengan cara melakukan survey langsung pada instansi-instansi atau perusahaan-perusahaan yang dianggap berkepentingan. Perusahaan itu dapat meliputi perusahaan bahan/material bangunan, persewaan alat-alat berat, konsultan, kontraktor, pemborong tenagakerja, instansi yang menangani masalah jasa dan konstruksi bangunan

3.2.4 Analisis Data

Dari data-data yang telah dikumpulkan dilakukan analisis VE untuk menghasilkan adanya suatu penghematan biaya atau saving cost. Analisis VE dilakukan tiga tahap, yaitu :

1. Tahap Informasi

Pada tahap awal ini dilakukan upaya-upaya untuk mendapatkan informasi sebanyak-sebanyaknya yang relevan dengan obyek studi yang akan dievaluasi, dimana data dan informasi tersebut diolah menurut kebutuhan pada tahap selanjutnya. Informasi umum yang diperlukan antara lain adalah :

- Nama proyek
- Lokasi proyek
- Pemilik proyek
- Nilai proyek
- Luas bangunan
- Spesifikasi proyek

Langkah-langkah penunjang yang biasa diterapkan dalam tahap informasi adalah sebagai berikut :

a. Pengulangan desain informasi.

Adalah pelaksanaan mengumpulkan semua informasi yang menyangkut segala aspek kepentingan obyek studi.

Adapun yang termasuk didalam obyek studi, yaitu :

- Gambar-gambar perencanaan
- Spesifikasi biaya
- Perkiraan biaya
- Pendekatan desain
- Perhitungan desain/ konstruksi
- Data-data kondisi setempat
- Jadwal kegiatan, dan lain-lain.

Dalam proses evaluasi selanjutnya, data informasi tersebut dapat dijadikan kumpulan data yang dibutuhkan dan disusun dalam suatu deskripsi permasalahan dan tujuan penghematannya.

b. Penentuan sasaran studi.

Untuk mengetahui sasaran studi dan berapa besar perkiraan target penghematan biaya didapat dengan membuat struktur biaya dari keseluruhan elemen obyek studi yang memperlihatkan dengan jelas bagian dan elemen yang ada sebagai sasaran studi tersebut.

c. Pemilihan elemen dengan potensi penghematan optimum

Dari struktur dan perkiraan target penghematan biaya tersebut, maka dapat dipilih elemen-elemen obyek studi yang mempunyai potensi penghematan optimum dengan metode perbandingan (rasio) antara biaya asal dan target biaya, dan perhatian diutamakan kepada rasio yang menyolok. Cara ini dikenal dengan analisis fungsi yang menguraikan rasio cost dengan worth, presentasi pembagian pekerjaan (bobot).

2. Tahap Kreatif

Di dalam *value engineering*, berfikir kreatif adalah hal sangat penting dalam mengembangkan ide-ide untuk memunculkan alternative-alternatif dari elemen yang masih memenuhi fungsi tersebut, kemudiandisusun secara sistematis. Alternatif-alternatif tersebut dapat ditinjau dari berbagai aspek, diantaranya :

a. Bahan atau material

Pemunculan penggunaan alternatif bahan dikarenakan semakin banyaknya jenis bahan bangunan yang diproduksi dengan kriteria 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 merk atau lisensi yang berbeda, maka harga bahan tersebut menjadi berbeda. Dengan demikian, maka pemilihan alternatif bahan dapat dilakukan dalam analisis VE. Pencarian bahan dengan mutu, kualitas dan fungsi yang sama dengan rencana awal tapi dengan harga lebih rendah dapat dilakukan

b. Cara atau metode pelaksanaan pekerjaan

Dalam melaksanakan suatu pekerjaan pastinya mempunyai cara atau metode sendiri-sendiri. Pada zaman dulu 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 analisis VE dapat berpedoman pada metode pelaksanaan, karena semakin pendek waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan, semakin kecil pula biaya yang dikeluarkan.

c. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Setiap pekerjaan dalam suatu proyek pastinya sudah mempunyai jadwal pelaksanaan dalam perencanaan time schedule. Terkadang dengan bobot pekerjaan yang tetap, waktu pelaksanaan pekerjaan dapat dikurangi, asalkan pekerjaan tersebut tidak terdapat dalam jalur kritis. Banyak cara yang dilakukan untuk mewujudkan hal tersebut, diantaranya dengan mengganti metode pelaksanaan, menambah jumlah tenaga kerja dan lain-lain. Dengan demikian, alternatif pengurangan waktu pelaksanaan dapat dijadikan pedoman karena akan berpengaruh pada perhitungan anggaran biaya.

3. Tahap Analisis

Pada tahap ini menghitung nilai/biaya daripada item pekerjaan tersebut dengan alternatif-alternatif desain yang ditawarkan. Dalam menghitung biaya dapat mengkaji dari segi bahan/material, tenaga kerja, waktu dan dimensi item pekerjaan. Dalam tahap ini, menyampaikan isinya dengan memakai metode *Paired Comparison*.

Langkah-langkah dalam tahap analisis :

- a. Mencari kriteria yang sesuai dengan item yang akan di *value engineering*.

- b. Setelah kriteria ditemukan, selanjutnya dicari dengan metode *Paired Comparison* sehingga dapat diketahui kriteria yang memiliki bobot yang baik. Dengan metode *paired comparison* dapat diketahui urutan kriteria yang diajukan untuk item pekerjaan yang akan di *value engineering* dan bobot dari kriteria tersebut.
- c. Mencari nilai index setiap alternatif terhadap setiap kriteria yang muncul pada pekerjaan komponen pelat. Nilai index dicari dengan menggunakan metode *paired comparison*.
- d. Mencari nilai setiap alternatif dengan mengalikan bobot setiap kriteria dengan nilai index setiap alternatif. Setelah diketahui nilai setiap alternatif maka dijumlah total, sehingga akan muncul nilai tertinggi dari beberapa alternatif yang muncul sehingga alternatif tersebut yang akan dipilih.
- e. Mencari nilai *cost/worth* yang digunakan mencari nilai rasio penghematan pembangunan apabila dilaksanakan *value engineering* pada komponen tersebut. Nilai *cost* didapat dari biaya awal pelaksanaan sedangkan nilai *worth* didapat dari biaya setelah dilakukan *value engineering* pada komponen pekerjaan tersebut

3.2.5 Hasil Analisis.

Hasil analisa ini dibagi 2 (dua) tahap, yaitu :

1. Tahap Pengembangan

Mempersiapkan rekomendasi yang telah dilengkapi informasi dan perhitungannya secara tertulis dari alternatif yang dipilih dengan mempertimbangkan pelaksanaan secara teknis dan ekonomis. Langkah-langkah tahapan pengembangan adalah sebagai berikut :

- Membuat konsep/ desain untuk dibandingkan satu sama lain.
- Membandingkan konsep semula dengan desain usulan/ alternatif.
- Membandingkan analisa life cycle cost dari biaya investasi/ awal, biaya operasi dan pemeliharaan, biaya annual dan operasi.

2. Tahap Rekomendasi

Memberikan rekomendasi yang dapat berupa presentasi secara tertulis atau lisan dari alternatif yang sudah dipilih dalam usulan tim VE untuk ditunjukkan kepada semua pihak, baik pemilik, perencana maupun pelaksana. Dalam tahap rekomendasi dapat juga berisi usulan alternative yang direkomendasikan beserta dasar pertimbangan. Format yang digunakan berisi:

- Rencana awal komponen pelat
- Usulan yang dipilih untuk mengganti susunan komponen pelat
- Dasar pertimbangan yang digunakan dalam menentukan alternative-alternatif yang diusulkan.
- Tentang berapa besar nilai *initial cost*.

BAB 4

ANALISIS *VALUE ENGINEERING*

PROYEK GEDUNG “X”

4.1 Latar Belakang Proyek

Perkembangan dunia perekonomian Indonesia telah menunjukkan perubahan ke arah yang positif. Dalam artian di sini, ekonomi Indonesia yang beberapa tahun lalu berada pada titik rendah, saat ini sudah mencapai tahap pertumbuhan yang sangat membanggakan. Beberapa indikasi menguatnya sektor ekonomi Indonesia bisa kita lihat pada pertumbuhan IHSG, iklim investasi yang sangat baik, menguatnya daya saing ekonomi Indonesia, dll. Hal inilah yang nantinya akan berdampak juga pada perkembangan sarana dan prasarana serta properti yang dibutuhkan untuk mendukung semakin berkembangnya perekonomian Indonesia tersebut

Gedung merupakan sebuah tempat yang biasa digunakan untuk melaksanakan sebuah aktifitas ekonomi, selain itu gedung juga merupakan sebuah tempat berkumpulnya sekumpulan orang yang memiliki latar belakang sama serta tujuan yang sama ketika mereka berada di ruang tersebut. Jika mengaitkannya dengan sektor ekonomi, maka gedung yang dimaksud di sini adalah seperti pada penjelasan yang pertama, dimana gedung yang biasanya dibangun megah dan estetik adalah sebuah tempat bagi sekumpulan orang untuk melakukan sebuah aktifitas ekonomi yang nantinya bertujuan untuk meningkatkan sektor ekonomi yang ingin mereka bangun dari tempat mereka berkumpul di gedung itu.

Perkembangan sarana dan prasaran ekonomi seperti gedung kantor, belakangan ini semakin meningkat seiring semakin meningkatnya sektor ekonomi Indonesia yang saat ini sedang dalam perkembangan yang positif. Di beberapa ruas jalan kota atau pun pusat kota aktifitas pembangunan Gedung perkantoran semakin hari semakin bertambah saja. Dan hal ini jugalah yang nantinya menjadi latar belakang pembangunan proyek yang dinamakan Gedung “X” dimana tempat penelitian skripsi ini dilakukan.

Pembangunan Gedung “X” ini juga tidak terlepas dari kebutuhan akan adanya sarana dan prasarana pendukung pelaksanaan pertumbuhan ekonomi. Karena fungsi Gedung “X” ini dibangun pun tidak lepas dari tuntutan pemilik gedung untuk menyediakan sarana dan prasarana bagi para pelaku bisnis untuk melakukan aktifitas mereka di bidang ekonomi. Jika pembangunan Gedung “X” ini selesai dibangun, maka diharapkan akan mendukung pula tersedianya properti yang mendukung pembangunan sektor ekonomi di daerah sekitarnya

4.2 Data Proyek

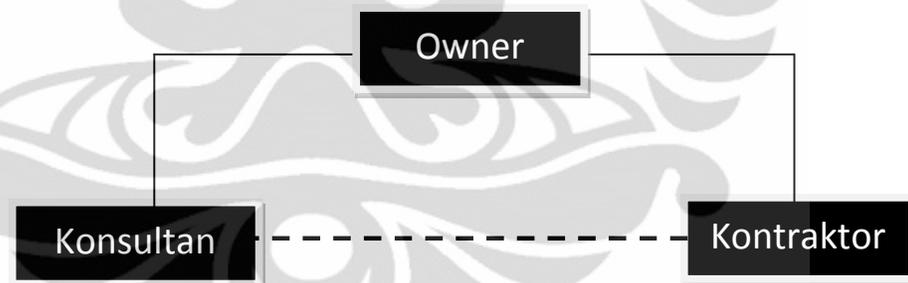
Dalam melakukan studi *Value Engineering* (VE) data perencanaan asli mengenai pembangunan gedung Gedung “X” sangat diperlukan. Data ini dijadikan sebagai acuan agar fungsi dan kegunaan gedung nantinya tidak berubah dari rencana awal. Data eksisting ini nantinya yang akan dijadikan data awal untuk dilakukan analisis *value engineering*. Adapun data proyek yang didapat untuk diolah adalah sebagai berikut:

Nama gedung	: Gedung “X”
Pemilik	: PT. “Y”
Lokasi gedung	: Indonesia
Fungsi gedung	: Ruang Kerja Kantor
Luas lantai	:
Luas lantai 1	: 9858 m ²
Luas lantai 2	: 3921 m ²
Luas lantai 3	: 3820 m ²
Luas lantai 4	: 2152 m ²
Luas atap bawah	: 1159 m ²
Luas atap atas	: 640 m ²
Biaya	: Rp 53.292.146.769,-
Pelaksanaan	: Juli 2011 s.d Juli 2012

4.3 Struktur Organisasi Proyek

Dalam sebuah pembangunan proyek, terdapat banyak sekali orang-orang yang terlibat di dalam perencanaan maupun pada saat pelaksanaan sebuah proyek. Alur kerja yang tidak baik ataupun mekanisme koordinasi ataupun perintah antara pihak yang satu dengan yang lain akan mengakibatkan kesemrawutan pelaksanaan proyek yang berakibat terhambatnya proses secara keseluruhan baik itu perencanaan maupun pelaksanaan.

Dalam mendapatkan hasil pekerjaan yang optimal diperlukan juga adanya pengawasan dan pengendalian yang baik, maka dalam hal ini dibentuk struktur organisasi proyek, diantaranya *Perencana proyek termasuk tim VE, Pelaksana proyek, Pengawas proyek*. Semua kegiatan dalam struktur organisasi masih dalam pengawasan dan pengendalian pemilik proyek. Adapun tugas dan kewajiban serta tanggungjawabnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini



Gambar 4.1 : Struktur Organisasi Proyek

4.4 Rencana Anggaran Proyek

Rencana anggaran biaya direncanakan berdasarkan volume pekerjaan yang akan dikerjakan. Daftar analisa harga dan bahan pekerjaan disesuaikan dengan kondisi dan standar harga yang ada di kontraktor. Tiap pekerjaan dibagi menjadi beberapa unit pekerjaan Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa biaya per unit pekerjaan dan untuk memudahkan pembagian biaya dalam hal pelaksanaan pekerjaannya nanti. RAB ini akan

dijadikan acuan untuk memonitor besarnya saving cost yang terjadi setelah dilakukan VE. Beberapa bagian RAB akan dilampirkan di bagian penjelasan sub-sub bab secara global, namun untuk RAB secara detail akan dilampirkan di belakang laporan skripsi ini.

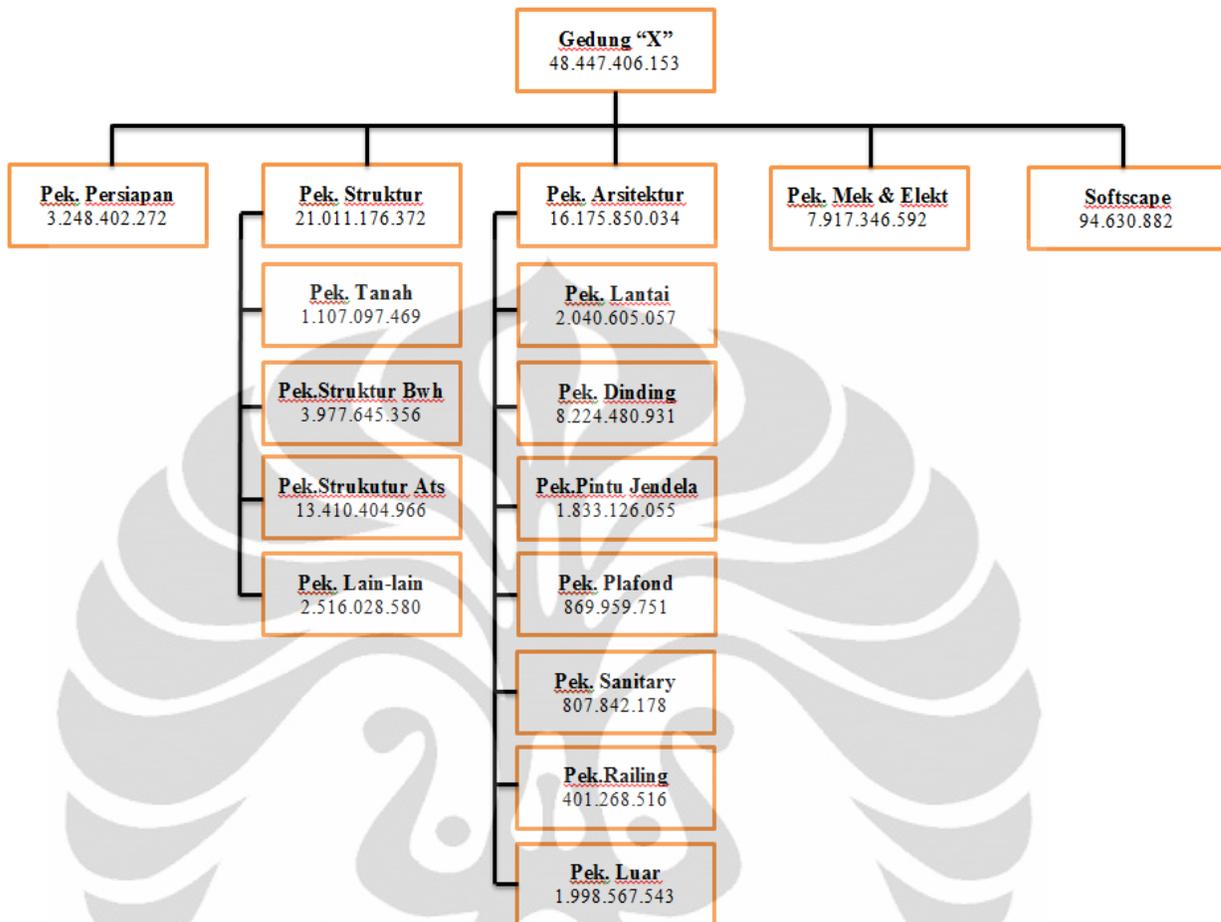
Untuk tahap penganalisisan, Rencana Anggaran Proyek awal akan dijadikan patokan untuk nantinya dibandingkan dengan rencana anggaran proyek baru. RAB ini nantinya juga akan dibreakdown untuk dianalisis bagian mana pada RAB yang memakan biaya yang paling besar dalam sebuah proyek. Setelah mengetahui item pekerjaan yang akan di VE, maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses pendesainan baru sehingga didapatkan RAB baru yang nantinya akan dibandingkan/dianalisis.

4.5 Teknik Mengidentifikasi Pekerjaan Yang Akan Di-VE

4.5.1 Cost Model

Cost model dilakukan dengan membuat suatu bagan pekerjaan yang dikelompokkan menurut elemen pekerjaannya masing-masing. Pada bagan tersebut juga dicantumkan rencana anggaran biaya tiap item pekerjaan. *Cost model* ini dibuat untuk memilih pekerjaan mana yang akan di VE, dengan melihat alur bagan pekerjaan. Dapat kita lihat perbedaan biaya tiap elemen pekerjaan yang kita jadikan untuk pedoman dalam analisis VE.

Cost model secara sistematis menggambarkan letak letak pengeluaran dalam bentuk pos pos pengeluaran secara global, sehingga dengan menggambarkan cost model kita akan tahu detail pengeluaran proyek secara lebih jelas. Dan hal ini nantinya akan memudahkan kita dalam melakukan analisis *value engineering* yang nantinya bertujuan untuk mengurangi anggaran proyek ke arah yang lebih efisien. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2: Cost Model Gedung "X"

4.5.2 Breakdown

Cost model dilakukan dengan membuat suatu bagan pekerjaan yang dikelompokkan menurut elemen pekerjaannya masing-masing. Pada bagan tersebut juga dicantumkan rencana anggaran biaya tiap item pekerjaan. *Cost model* ini dibuat untuk memilih pekerjaan mana yang akan di VE, dengan melihat alur bagan pekerjaan. Dapat kita lihat perbedaan biaya tiap elemen pekerjaan yang kita jadikan untuk pedoman dalam analisis VE. *Cost model* secara sistematis menggambarkan letak letak pengeluaran dalam bentuk pos pos pengeluaran secara global, sehingga dengan menggambarkan cost model kita akan tahu detail pengeluaran proyek secara lebih jelas.

Rencana Anggaran Biaya		SUB TOTAL
Pekerjaan Persiapan, Prasarana Dan Penunjang	Rp.	3,248,402,272
Pekerjaan Struktur	Rp.	21,011,176,372
Pekerjaan Arsitektur	Rp.	16,175,850,035
Pekerjaan Mekanikal Elektrikal	Rp.	7,917,346,593
Pekerjaan Signage	Rp.	-
Pekerjaan Softcape	Rp.	94,630,882
Pekerjaan Lain-lain	Rp.	-
SUB TOTAL	Rp.	48,447,406,154
PPN 10 %	Rp.	4,844,740,615
GRAND TOTAL.	Rp.	53,292,146,769

Tabel 4.1 : Breakdown Rencana Anggaran Biaya

Dari data RAB di atas pekerjaan struktur adalah penyumbang penyedotan dana terbesar di antara item pekerjaan secara keseluruhan yaitu sebesar Rp. **21.011.176.372,-**. Dari fakta tersebut kemudian kita akan membreakdown lagi item pekerjaan struktur mana yang paling banyak menghabiskan dana dalam penyelenggaraan proyek Gedung “X” ini. Dari data tabel yang saya sajikan di bawah ini, maka kesimpulan yang dapat kita ambil adalah pekerjaan struktur atas adalah item pekerjaan struktur yang paling banyak menghabiskan dana dalam proyek ini.

DAFTAR PEKERJAAN STRUKTUR	Harga (Rp)
Pekerjaan Tanah	1,107,097,469
Pekerjaan Struktur Bawah	3,977,645,357
Pekerjaan Struktur Atas	13,410,404,966
Pekerjaan Lain-Lain	2,516,028,580
Penjumlahan TOTAL	1,011,176,372

Tabel 4.2 : Breakdown Pekerjaan Struktur

Setelah mengetahui bahwa pekerjaan struktur atas adalah item pekerjaan struktur yang paling menghabiskan dana proyek, proses pembreakdownan tidak lantas berhenti sampai itu saja. Kita akan melihat lagi dari item pekerjaan struktur atas, bagian manakah yang paling menyedot dana proyek?. Dari data tabel yang ditunjukkan di bawah ini, maka kita dapat mengambil kesimpulan bahwa pekerjaan pelat lantai adalah pekerjaan yang paling banyak menghabiskan dana di antara item pekerjaan struktur atas, yaitu sebesar Rp. 6.348.885.337,-...

No	Pekerjaan Struktus Atas	Harga (Rp)
1	Kolom	2,048,285,403
2	Retaining Wall	642,276,314
3	Tangga	475,044,253
4	Drop Panel	325,794,718
5	Pelat Lantai	6,348,885,337
6	Balok	3,570,118,941
	TOTAL	13,410,404,966

Tabel 4.3 : Breakdown Pekerjaan Struktur Atas

Dari data tabel di atas, pelat lantai dengan total anggaran dana **Rp. 6.348.885.337,-** adalah item pekerjaan struktur atas yang paling banyak menghabiskan dana proyek pembangunan Gedung "X". Untuk itu, saya

memutuskan untuk mengambil item pekerjaan pelat lantai saja yang nantinya akan dilakukan proses *Value Engineering*. Data lengkap tentang RAB pekerjaan pelat akan disajikan dalam tabel di bagian lampiran

4.6 Studi *Value Engineering*

Dari teknik breakdown dan cost model dapat diketahui bahwa studi VE nantinya dapat dilakukan pada pekerjaan yang memiliki biaya yang besar atau yang memiliki bobot pekerjaan yang besar. Studi VE juga dapat dilakukan pada item pekerjaan yang memiliki potensi untuk dilakukan penghematan biaya. Studi VE atas proyek pembangunan gedung Gedung “X” dilakukan pendekatan dan pembatasan terhadap pekerjaan struktur atas yaitu pelat. Adapun alasan dilakukannya analisis VE pada item tersebut adalah :

- Jika dilihat dari proses breakdown, Item pekerjaan struktur atas pelat memiliki bobot pekerjaan yang besar, sehingga item pekerjaan ini memungkinkan untuk dilakukan analisis *value engineering*
- Pada pekerjaan struktur atas, sebenarnya terdapat item pekerjaan lain yang memiliki bobot pengeluaran yang besar, namun jika dibandingkan dengan pengeluaran pada item kerja pelat maka hal itu terlalu jauh untuk dibandingkan sehingga cukup item pekerjaan pelat saja yang dilakukan analisis *value engineering*
- Setelah mengetahui item pekerjaan yang akan di VE, maka proses selanjutnya yang harus dilakukan adalah dengan memunculkan alternatif baru yang memungkinkan untuk mengurangi biaya proyek
- Alternatif pertama yang akan dimunculkan untuk proses VE ini adalah dengan mengurangi volume beton tetapi tetap mempertahankan mutu baja dan beton yang sama dengan eksisting
- Dengan mengurangi volume berarti perlu dilakukan perhitungan ulang terhadap kekuatan pelat tersebut untuk menahan beban yang dibantu dengan perhitungan software “SAP 2000 versi 14”
- Alternatif kedua yang dimunculkan yaitu dengan menggunakan beton pracetak atau biasa disebut precast

- Alternatif yang muncul nantinya, akan dibandingkan dengan analisis fungsi *value engineering* dengan metode *paired comparison* untuk kemudian memunculkan alternatif terbaik yang akan dipilih sebagai desain baru pengganti desain eksisting sebelumnya
- Data yang digunakan dalam perhitungan *value engineering* ini menggunakan berbagai referensi dan literature serta brosur harga material sehingga diharapkan kesalahan dari data dapat diminimalisir dan memunculkan analisis fungsi yang benar benar objektif dan akurat
- Proses analisis nantinya memperhitungkan berbagai faktor analisis fungsi untuk mendapatkan keakuratan pemilihan desain alternatif. Sehingga desain yang nantinya terpilih adalah desain yang paling sesuai dan dapat diaplikasikan di lapangan

4.7 Tahapan Analisis VE Pada Pekerjaan Struktur Atas Pelat

Pekerjaan struktur atas khususnya pelat pada sebagian besar proyek biasanya memiliki alokasi biaya yang besar. Hal ini menjadi alasan mengapa perlu dilakukan analisis VE pada item pekerjaan tersebut. Selain itu kurangnya perencanaan desain struktur yang optimal dengan perhitungan yang berlebihan atau pemilihan bahan yang kurang tepat bisa menyebabkan pembengkakan biaya pelaksanaan.

Adanya berbagai alternatif yang dipilih untuk membuat perencanaan struktur menjadi efektif dan efisien perlu dilakukan dalam melakukan analisis VE. Dalam penerapan VE pada struktur pelat akan dicoba alternatif dengan mengganti bahan, yaitu dengan menggunakan beton pracetak atau bisa juga dengan mengurangi tebal pelat. Alasan pemilihan alternatif adalah adanya penghematan dari segi biaya maupun waktu dengan adanya perubahan volume pekerjaan.

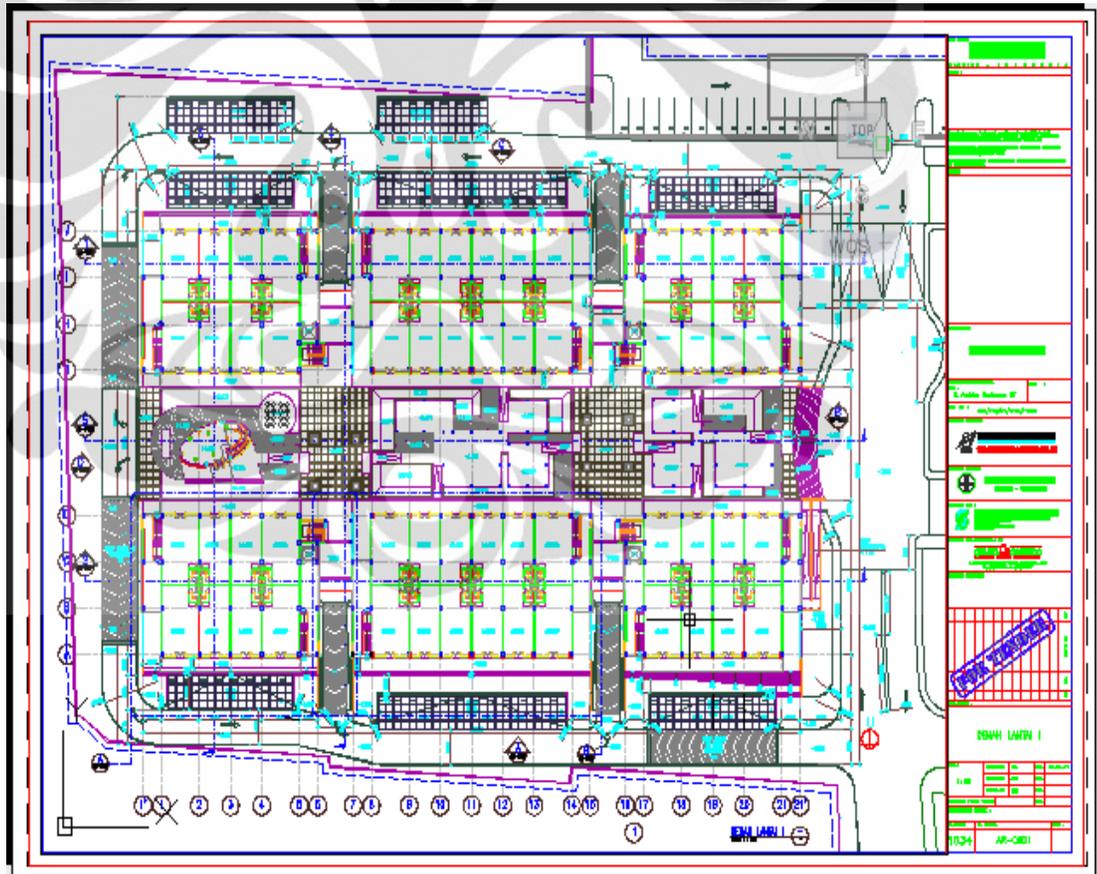
4.7.1 Tahap Informasi

a. Informasi umum dan kriteria desain

Proyek : Gedung "X"
 Item Pekerjaan : Pekerjaan Struktur Atas "Pelat"
 Perkiraan Biaya : Rp. 6,348,885,337
 Kriteria Desain :

Pelat Lantai

Mutu Beton : $F_c' = 30 \text{ MPa}$
 Mutu Baja : $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$
 Tebal Pelat : 120 mm
 Diameter Tulangan : 10 mm



Gambar 4.3 : Denah Gedung "X"

b. Analisis fungsi pekerjaan pelat

Analisis fungsi merupakan basis utama di dalam *value engineering* karena analisis inilah yang membedakan VE dari teknik-teknik penghematan biaya lainnya. Analisis ini membantu tim VE di dalam menentukan biaya terendah yang diperlukan untuk melaksanakan fungsi-fungsi utama dan fungsi-fungsi pendukung dan mengidentifikasi biaya-biaya yang dapat dikurangi atau dihilangkan tanpa mempengaruhi kinerja atau kendala produk.

Fungsi diidentifikasi dengan menggunakan deskripsi yang terdiri dari dua kata, yaitu kata kerja dan kata benda. Kata kerja yang digunakan adalah kata kerja aktif dan kata benda yang digunakan merupakan kata benda yang terukur. Fungsi dasar suatu produk/bangunan merupakan pekerjaan utama yang harus dilaksanakannya. Fungsi-fungsi sekunder sering merupakan fungsi-fungsi yang mungkin diinginkan keberadaannya tetapi sebenarnya tidak diperlukan untuk melaksanakan tugas atau pekerjaan tertentu.

Fungsi-fungsi sekunder yang harus ada merupakan fungsi-fungsi yang secara absolut diperlukan untuk melaksanakan tugas atau pekerjaan tertentu, walaupun sebenarnya tidak melaksanakan fungsi dasar. Fungsi produk/bangunan secara menyeluruh ditentukan terlebih dahulu sebelum menentukan fungsi elemen-elemennya. Bagian yang paling sulit pada analisis fungsi adalah memperkirakan nilai kegunaan (*worth*) setiap subsistem atau komponen untuk membandingkannya dengan biaya yang diperkirakan.

Nilai kegunaan (*worth*) memberikan indikasi nilai (*value*) artinya biaya terendah yang diperlukan untuk terlaksananya suatu fungsi tertentu. Untuk itu tidak diperlukan ketelitian yang sangat besar. Nilai kegunaan (*worth*) hanya digunakan sebagai suatu mekanisme untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah dengan potensi penghematan dan perbaikan nilai (*value*) yang tinggi.

Subsistem yang melaksanakan fungsi sekunder tidak memiliki worth karena tidak berhubungan langsung dengan fungsi dasar

No	Uraian	Kata Kerja	Fungsi		Cost	Worth
			Kata Benda	Jenis		
1	Beton	Menyalurkan	Beban	Primer	2,214,309,833	Belum Dihitung
2	Tulangan	Menyalurkan	Beban	Primer	2,079,231,319	Belum Dihitung
3	Bekisting	Mencetak	Pelat	Primer	2,055,344,185	Belum Dihitung
TOTAL					6,348,885,337	Belum Dihitung

Tabel 4.4 : Analisis Fungsi Pekerjaan Pelat

- Analisis fungsi pada tahap ini hanya menerangkan item pekerjaan yang akan dianalisis dan definisi fungsi dari kata kerja dan kata benda terukur.
- Nilai cost didapat dari rencana biaya existing.
- Nilai worth yang belum bisa ditampilkan akan diisi setelah dilakukan perhitungan biaya pekerjaan alternatif pada tahap analisis.
- Analisis fungsi secara lengkap akan ditampilkan pada tahap analisis.

4.7.2 Tahap Kreatif

Pada tahap ini akan dimunculkan desain alternatif sebagai pembandingan desain eksisting yang sudah dibuat sebelumnya. Dengan dimunculkannya desain alternatif ini diharapkan akan membuat peluang desain baru yang bisa meminimalisir harga proyek. Alternatif yang saya munculkan di sini ada dua yaitu:

1. Alternatif 1 : Melakukan perubahan tebal pelat beton sehingga didapatkan volume beton baru yang nantinya diharapkan akan berpengaruh signifikan terhadap harga proyek

Data-data :

- Mutu beton $f_c' = 30$ MPa
- Tebal pelat lantai = 100 mm
- Mutu baja pelat topping $f_y = 4200$ Kg/cm²
- Pembebanan direncanakan menurut PBI untuk gedung 1983
- Perhitungan beton berpedoman pada SKSNI 1991

2. Alternatif 2 : Menggunakan beton precast atau pracetak

Data-data :

- Mutu beton pelat topping $f_c' = 30$ MPa
- Tebal pelat lantai = 120 mm
- Mutu baja pelat topping $f_y = 4200$ Kg/cm²
- Pembebanan direncanakan menurut PBI untuk gedung 1983
- Perhitungan beton berpedoman pada SKSNI 1991

Untuk memudahkan perhitungan serta penganalisisan *Value Engineering*, akan disajikan pula tabel keuntungan dan kelemahan dari masing masing alternatif desain serta akan dimunculkan juga perbandingan kriteria desain alternatif. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel di bawah ini

No	Alternatif Desain	Keuntungan	Kerugian
1	Perubahan Tebal pelat menjadi 100mm	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensi pelat lebih kecil • Perencanaannya mudah • Sarana yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan lebih sederhana • Dapat menghemat biaya dengan adanya pengurangan volume beton 	<ul style="list-style-type: none"> • Mutu beton tergantung banyak faktor sehingga kurang terjamin • Memerlukan kerjasama yang baik karena banyaknya tenaga kerja

2	Beton Pracetak untuk struktur Pelat	<ul style="list-style-type: none"> • Mutu terjamin karena dikerjakan oleh orang yang ahli dibidangnya • Biaya pelaksanaan menjadi ekonomis dengan adanya efisiensi dan efektifitas bahan • Pelaksanaannya tidak memerlukan adanya bekisting 	<ul style="list-style-type: none"> • Pelaksanaannya membutuhkan peralatan berat/ modern dan teknologi tinggi • Pelaksanaan pekerjaan hanya bisa dikerjakan oleh orang yang ahli sehingga tidak begitu mudah diperoleh di lapangan • Perlu diperhatikan dalam perencanaan mekanikal elektrik
---	-------------------------------------	--	--

Tabel 4.5 : Keuntungan Dan Kerugian Alternatif 1 dan 2

4.7.3 Tahap Analisis

1. Perhitungan biaya estimasi pekerjaan pelat (eksisting)

Pekerjaan Pelat (beton)	Volume (m ³)	Harga Satuan	Total
Pelat Lantai 1	1,183.12	838,690	992,271,473
Pelat Lantai 2	470.56	838,690	394,651,142
Pelat Lantai 3	485.37	838,690	407,076,666
Pelat Lantai 4	285.28	838,690	239,258,106
Pelat Lantai Atap	139.04	838,690	116,607,470
Pelat Lantai Atap	76.84	838,690	64,444,976
TOTAL			2,214,309,833

Tabel 4.6 : Pekerjaan Pelat (Beton) Eksisting

Pada tabel di atas berisi perhitungan biaya pekerjaan pelat untuk bagian beton dengan mengalikan jumlah volume dalam satuan m³ dengan Harga satuan pekerjaan yang jumlahnya adalah Rp. 838.690,-. Setelah itu dihitung pula di tiap lantai untuk

kemudian dijumlahkan sehingga didapatkan angka Rp.2.214.309.833,- Untuk seluruh total item pekerjaan pelat bagian beton

Pekerjaan Pelat (Tulangan)	Volume (Kg)	Harga Satuan	Total
Pelat Lantai 1	102,565.26	9,477	972,046,341
Pelat Lantai 2	37,991.92	9,477	360,062,481
Pelat Lantai 3	39,211.38	9,477	371,619,729
Pelat Lantai 4	23,052.25	9,477	218,474,088
Pelat Lantai Atap	10,671.31	9,477	101,135,659
Pelat Lantai Atap	5,897.54	9,477	55,893,020
TOTAL			2,079,231,319

Tabel 4.7 : Pekerjaan Pelat (Tulangan) Eksisting

Pada tabel di atas berisi perhitungan biaya pekerjaan pelat untuk bagian tulangan dengan mengalikan jumlah volume dalam satuan m^3 dengan Harga satuan pekerjaan yang jumlahnya adalah Rp. 9.477,-. Setelah itu dihitung pula di tiap lantai untuk kemudian dijumlahkan sehingga didapatkan angka Rp.2.079.231.319,- Untuk seluruh total item pekerjaan pelat bagian tulangan

Pekerjaan Pelat (bekisting)	Volume (m^3)	Harga Satuan	Total
Pelat Lantai 1	6,389.07	106,295	679,128,770
Pelat Lantai 2	4,058.12	106,295	431,359,269
Pelat Lantai 3	4,168.92	106,295	443,137,233
Pelat Lantai 4	2,463.12	106,295	261,818,834
Pelat Lantai Atap	1,441.14	106,295	153,186,415
Pelat Lantai Atap	815.78	106,295	86,713,664
TOTAL			2,055,344,185

Tabel 4.8 : Pekerjaan Pelat (Bekisting) Eksisting

Pada tabel di atas berisi perhitungan biaya pekerjaan pelat untuk bagian bekisting dengan mengalikan jumlah volume dalam satuan m^3 dengan Harga satuan pekerjaan yang jumlahnya adalah

Rp. 106.295,-. Setelah itu dihitung pula di tiap lantai untuk kemudian dijumlahkan sehingga didapatkan angka Rp.2.055.344.185,- Untuk seluruh total item pekerjaan pelat bagian bekisting

2. Perhitungan Estimasi Biaya Pekerjaan Pelat (Alternatif 1)

Pekerjaan Pelat Alternatif 1, yaitu Mengganti Tebal Pelat dari 120mm menjadi 100mm

Pekerjaan Pelat (Beton)	Volume (m³)	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Pelat Lantai 1	985.93	838,690	826892894.3
Pelat Lantai 2	392.13	838,690	328875951.9
Pelat Lantai 3	404.48	838,690	339230554.8
Pelat Lantai 4	237.73	838,690	199381755.1
Pelat Lantai Atap	115.86	838,690	97172891.58
Pelat Lantai Atap	64.03	838,690	53704146.66
TOTAL			1845258194

Tabel 4.9 : Pekerjaan Pelat (Beton) Alternatif 1

Pada tabel di atas berisi perhitungan biaya pekerjaan pelat untuk bagian beton alternatif 1 dengan mengalikan jumlah volume dalam satuan m³ dengan Harga satuan pekerjaan yang jumlahnya adalah Rp. 838.690,-. Setelah itu dihitung pula di tiap lantai untuk kemudian dijumlahkan sehingga didapatkan angka Rp.1.845.258.194,- Untuk seluruh total item pekerjaan pelat bagian beton alternatif 1

Pekerjaan Pelat (Tulangan)	Volume (Kg)	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Pelat Lantai 1	85,471.05	9,477	810038617.3
Pelat Lantai 2	31,659.93	9,477	300052067.6

Pelat Lantai 3	32,676.15	9,477	309683107.8
Pelat Lantai 4	19,210.21	9,477	182061739.7
Pelat Lantai Atap	8,892.76	9,477	84279716.15
Pelat Lantai Atap	4,914.62	9,477	46577517.06
TOTAL			1732692766

Tabel 4.10 : Pekerjaan Pelat (Tulangan) Alternatif 1

Pada tabel di atas berisi perhitungan biaya pekerjaan pelat untuk bagian tulangan alternatif 1 dengan mengalikan jumlah volume dalam satuan m^3 dengan Harga satuan pekerjaan yang jumlahnya adalah Rp. 9.477,-. Setelah itu dihitung pula di tiap lantai untuk kemudian dijumlahkan sehingga didapatkan angka Rp.1.732.692.766,- Untuk seluruh total item pekerjaan pelat bagian tulangan alternatif 1

Pekerjaan Pelat (Bekisting)	Volume (m^3)	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Pelat Lantai 1	5,324.23	106,295	565940642
Pelat Lantai 2	3,381.76	106,295	359466057.4
Pelat Lantai 3	3,474.10	106,295	369281027.1
Pelat Lantai 4	2,052.60	106,295	218182361.9
Pelat Lantai Atap	1,200.95	106,295	127655346.2
Pelat Lantai Atap	679.82	106,295	72261386.55
TOTAL			1712786821

Tabel 4.11 : Pekerjaan Pelat (Bekisting) Alternatif 1

Pada tabel di atas berisi perhitungan biaya pekerjaan pelat untuk bagian bekisting alternatif 1 dengan mengalikan jumlah volume dalam satuan m^3 dengan Harga satuan pekerjaan yang

jumlahnya adalah Rp. 106.295,-. Setelah itu dihitung pula di tiap lantai untuk kemudian dijumlahkan sehingga didapatkan angka Rp.1.712.786.821,- Untuk seluruh total item pekerjaan pelat bagian bekisting alternatif 1

Jadi, Total Anggaran yang dikeluarkan untuk membuat struktur atas pelat dengan desain alternatif 1 adalah **Rp.5.290.737.781,-**

Perhitungan Kekuatan Pelat dengan Pemodelan SAP2000

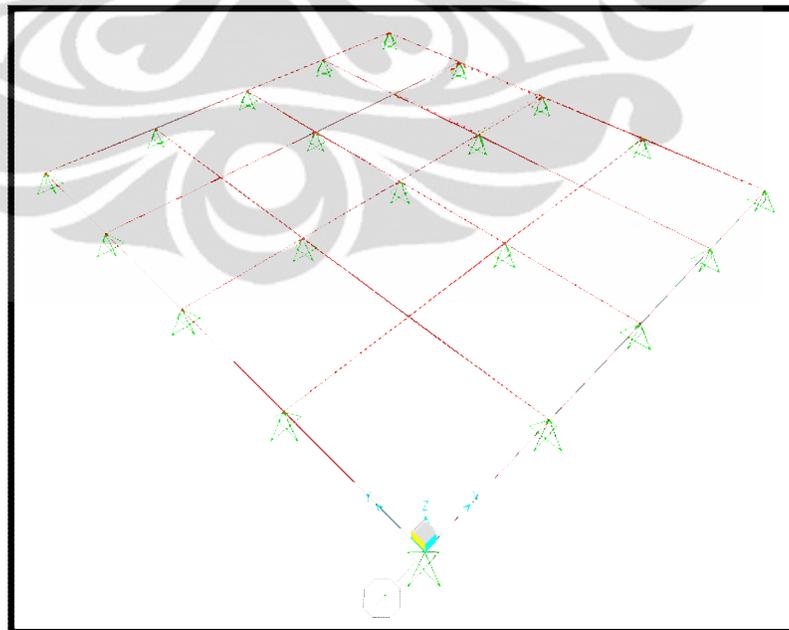
Untuk membuktikan kekuatan pelat, maka digunakan bantuan program SAP2000 untuk memodelkan pelat lantai. Pelat lantai dimodelkan sebagai shell dengan balok utama dan balok anak dimodelkan sebagai perletakan sendi yang tersebar sepanjang balok.

Pembebanan yang digunakan

Beban Mati = berat sendiri pelat = $24 \text{ kN/m}^3 \times 0.1 = 2.4 \text{ kN/m}^2$

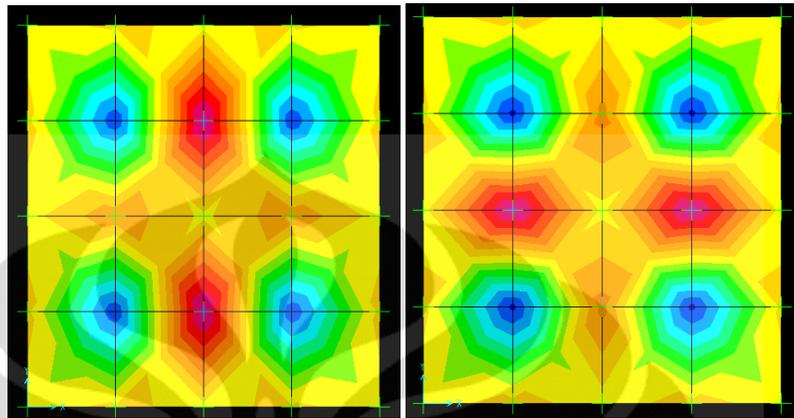
Beban Hidup = 25 kN/m^2

Kombinasi beban = Beban Mati + Beban Hidup



Gambar 4.4 : Model SAP 2000 V 14

Dari hasil analisis didapatkan peta persebaran momen di daerah sekitar pelat dengan momen maksimum (M_{max}) = 15 KNm



Gambar 4.5 : Persebaran Momen Pada Arah X dan Y

Perhitungan Tulangan

$$\text{Concrete } f_c' = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Steel } f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$H_d = 0,020 \text{ m}$$

$$\rho_{max} = 0.542 \times f_c' / f_y \times 6300 / (6300 + f_y \times 0,0232)$$

(For footing and grade beam)

$$\rho_{min} = 0.0018 \text{ (for total rebar of footing)}$$

$$m = f_y / (0.85 \times f_c') = 16,47$$

ρ_{min} of rebar pedestal shall be the greater value of required by calc. or area of anchor bolt

0.0232 (for footing and grade beam)

No	Type	Length	h1	Mu	Rn	r	r remark	As min.	As req.
1		(a1 or b1) (m)	(m)	(t.m)	(t/m ²)			(cm ²)	(cm ²)
2	EL 5.800								
3	My tu	1	0.100	1.50	260.42	0.00655	$\rho < \rho_{max}$ ok	0.90	5.24
4	My lap	1	0.100	1.50	260.42	0.00655	$\rho < \rho_{max}$ ok	0.90	5.24

(Lanjutan)

No	As remark	Rebar Dia.	No. of rebar	Spacing req'd	Spacing (s)	As provide	No. of rebar
1		(cm)	(nos)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(nos)
2							
3	,(As req govern)	1.00	7.00	16.67	16.00	6.3	8.0
4	,(As req govern)	1.00	7.00	16.67	16.00	6.3	8.0

Tabel 4.12 : Perhitungan Pelat

Note:

zona of M11 ++ / M22++ for slab +2.3 of elevation is around pedestal and near tie beam

M11 A + : maximum internal moment for y direction at zona A to design slab reinforcement (bottom reinforcement)

M11 A - : minimum internal moment for y direction at zona A to design slab reinforcement (top reinforcement)

M22 A + : maximum internal moment for x direction at zona A to design slab reinforcement (bottom reinforcement)

M22 A - : minimum internal moment for x direction at zona A to design slab reinforcement (top reinforcement)

M11.B ++ : additional reinforcement at zona B which is based on M11 B+ reinforcement Design

M22.C-- : additional reinforcement at zona C which is based on M22 C- reinforcement Design additional reinforcement is added at end span (1/4 of span at the end)

3. Pekerjaan Pelat Alternatif 2, yaitu Menggunakan beton pracetak untuk struktur pelat

Sebenarnya beton pracetak tidak berbeda dengan beton biasa. Yang membuat berbeda adalah metode fabrikasinya. Pada umumnya penggunaan *beton pracetak* dianggap lebih ekonomis dibandingkan dengan pengecoran ditempat dengan alasan :

1. Mengurangi biaya pemakaian bekisting
2. Mereduksi biaya upah pekerja
3. Mereduksi durasi pelaksanaan proyek, sehingga *overhead* yang di keluarkan kecil.

Pada dasarnya beton pracetak itu dibuat tidak di tempat pelaksanaan proyek melainkan di tempat lain, misalnya pabrik dll. Sehingga akan menambah biaya angkut untuk transport beton pracetak ke lokasi proyek dan kelebihan juga, beton pracetak ini tidak terpengaruh cuaca yang berubah-ubah karena tidak dilakukan di lokasi proyek.

Keuntungan lain dari beton pracetak ini

- Kecepatan dalam pelaksanaan pembangunan
- Dicapainya tingkat fleksibilitas dalam proses perancangannya
- Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana
- Pihak yang bertanggung jawab lebih sedikit
- Mempunyai aspek positif terhadap *schedule*, terutama kemudahan di dalam melakukan pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pekerjaan
- Jumlah pekerja kantor proyek lebih sedikit. Demikian juga tenaga lapangan yang dibutuhkan untuk setiap unit komponen yang lebih kecil karena pekerjaan dapat dilaksanakan secara seri.
- Menggunakan tenaga buruh kasar sehingga upah relatif lebih murah
- Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (di lokasi proyek) hanya mengerjakan cast-in-situ dan kemudian menggabungkan dengan komponen-komponen beton pracetak
- Aspek kualitas, di mana beton dengan mutu prima dapat lebih mudah dihasilkan di lingkungan pabrik.
- Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca

- Biaya yang dialokasikan untuk supervisi relatif lebih kecil. Hal ini disebabkan durasi proyek yang lebih singkat.
- Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat.
- Mampu mereduksi biaya konstruksi.
- Dapat dihasilkan bangunan akurasi dimensi dan mutu yang lebih baik.

Selain, keuntungan ada juga kelemahan beton pracetak dibandingkan dengan beton cast-in-place, sebagai berikut :

- Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi
- Dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi dan menempatkan pada posisi tertentu.
- Biaya tambahan yang dibutuhkan untuk transportasi.
- Munculnya permasalahan teknis dan biaya yang dibutuhkan untuk menyatukan komponen-komponen beton pracetak.
- Diperlukan gudang yang luas dan fasilitas *curing*
- Diperlukan lapangan yang luas untuk produksi dalam jumlah yang besar.

Dari pembahasan diatas, beton pracetak tetap lebih memiliki banyak kelebihan di bandingkan dengan kelemahannya. Maka untuk menghemat biaya proyek kita harus cermat-cermat dalam mereduksi biaya konstruksi. Salah satu teknologi untuk mereduksi biaya konstruksi adalah dengan beton pracetak. Penghematan biaya dari teknologi pracetak adalah sbb :

- Upah tenaga pabrik (pembuat beton pracetak) lebih rendah daripada pekerja tukang kita di lapangan.
- Pemakaian bekisting lebih hemat
- Waktu penyelesaian proyek lebih cepat.
- Produktivitas yang lebih besar dari pekerja karena sebagian besar bekerja di permukaan tanah.
- Tidak terpengaruh cuaca.

Penghematan :

1. **Durasi proyek yang lebih singkat** : dengan menggunakan beton pracetak, pekerjaan struktur yang masih harus dilaksanakan di lapangan adalah pekerjaan fondasi, di mana pelaksanaannya dapat bersamaan dengan produksi beton pracetak. Pengaturan jadwal produksi elemen beton pracetak dapat diatur sedemikian rupa sehingga elemen-elemen yang akan dipasang lebih awal dapat diproduksi lebih dahulu dan pada saatnya nanti elemen tersebut telah cukup umur. Pada saat pekerjaan struktur bawah selesai, maka elemen-elemen beton pracetak yang telah cukup umur tersebut dapat di-*Erection* dalam waktu yang relatif singkat dibanding dengan pekerjaan cor di tempat. Dengan kegiatan pekerjaan yang *overlapping* serta *cycle time erection*. Maka proyek akan selesai dalam waktu yang lebih singkat.

2. **Mereduksi biaya konstruksi**

Perhitungan penghematan Alternatif 2

• Volume pelat lantai existing (tebal pelat = 12 cm) :

1. Lantai 1 = 1,183.12 m³
2. Lantai 2 = 470.56 m³
3. Lantai 3 = 485.37 m³
4. Lantai 4 = 285.28 m³
5. Lantai Atap Bawah = 139.04 m³
6. Lantai Atap Atas = 76.84 m³

• Volume pelat lantai precast :

1. Lantai 1 = 1,183.12 m³ / 0,12 m = 9,859 m²
2. Lantai 2 = 470.56 m³ / 0,12 m = 3,921 m²
3. Lantai 3 = 485.37 m³ / 0,12 m = 4,045 m²
4. Lantai 4 = 285.28 m³ / 0,12 m = 2,377 m²
5. Lantai Atap Bawah = 139.04 m³ / 0,12 m = 1,159 m²
6. Lantai Atap Atas = 76.84 m³ / 0,12m = 640 m²

Pekerjaan Pelat (beton)	Volume (m³)	Luasan (m²)
Pelat Lantai 1	1,183.12	9,859
Pelat Lantai 2	470.56	3,921
Pelat Lantai 3	485.37	4,045
Pelat Lantai 4	285.28	2,377
Pelat Lantai Atap	139.04	1,159
Pelat Lantai Atap	76.84	640
TOTAL	2,640	22,002

Tabel 4.13 : Volume Dan Luasan Beton Precast

Dengan harga beton precast Rp. 270.000,- / m², maka total biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan beton precast adalah Rp. 270.000,- x 22.002 = **Rp 5.940.540.000,-**

4. Analisis Fungsi

Item Kerja	Eksisting	Alternatif 1	Penghematan	Alternatif 2	Penghematan
Pelat	6,348,885,337	5.290.737.781	1.058.147.556	5.940.540.000,-	408.345.337

Tabel 4.14 : Perbandingan harga/cost eksisting dan alternatif desain

Dari tabel didapat :

- Harga untuk pekerjaan alternatif 1, yaitu dengan menggunakan tebal pelat 10 cm bila dibandingkan dengan pekerjaan existing memiliki penghematan biaya sebesar Rp. 1.058.147.556

- Harga untuk pekerjaan alternatif 2, yaitu dengan menggunakan pelat *precast* bila dibandingkan dengan pekerjaan existing memiliki penghematan biaya sebesar Rp. 408.345.337
- Sampai disini, kita belum bisa memutuskan alternatif desain yang harus dipakai dengan hanya melihat penghematan dari masing masing alternatif desain, tapi perl juga dibuat analisis lanjutan dengan memperhatikan berbagai faktor sehingga nantinya dihitung kembali alternatif desain mana yang paling sesuai dengan memperhatikan berbagai faktor
- Dalam perhitungan analisis VE menggunakan metode *paired comparison*, urutan yang dipakai yaitu:
 - Membuat tabel analisis fungsi
 - Membuat list kriteria desain dari masing masing alternatif desain
 - Metode *paired comparison* mencari bobot
 - Metode *paired comparison* mencari indeks
 - *Matrik evaluasi*

Tahap pertama sebelum melakukan analisis *value engineering* metode *paired comparison* adalah dengan membuat tabel analisis fungsi pekerjaan pelat dari mulai desain eksisting, alternatif 1 dan alternatif 2. Yang nantinya akan dibandingkan antara nilai cost dan worth. Nilai cost/worth yang paling besar adalah yang lebih baik untuk dipilih, namun itu saja baru menilai tingkat biaya saja belum faktor lain.

Jadi, tabel analisis yang dibuat ini nantinya akan memberikan informasi tentang perbandingan harga saja antara pekerjaan desain awal, alternatif 1 dan 2. Tapi tidak menggambarkan apakah desain tersebut sudah cukup pantas untuk diterima sebagai pengganti desain awal karena belum membandingkannya dengan faktor kriteria desain

No	Uraian	Kata Kerja	Fungsi Kata Benda	Jenis	Cost	Worth 1	Worth 2
1	Beton	Menyalurkan	Beban	Primer	2,214,309,833	1845258194	
2	Tulangan	Menyalurkan	Beban	Primer	2,079,231,319	1732692766	
3	Bekisting	Mencetak	Pelat	Primer	2,055,344,185	1712786821	
4	Precast	Menerima	Beban	Primer			5940540000
TOTAL					6348885337	5290737781	5940540000
COST/WORTH					1	1.2	1.07

Tabel 4.15 : Analisis Fungsi Pekerjaan Pelat

- Untuk kolom *cost* nilainya didapat dari biaya pekerjaan *existing*. Untuk kolom *worth 1* nilainya didapat dari biaya pekerjaan alternatif 1 atau dengan merubah tebal pelat beton. Untuk kolom *worth 2* nilainya didapat dari pekerjaan alternatif 2 atau dengan menggunakan pelat *precast*.
- Nilai *cost/worth alternative 1 (worth 1) = 1,2*
- Nilai *cost/worth alternative 2 (worth 2) = 1,07*
- Nilai *cost/worth* diatas berarti menunjukkan adanya penghematan, baik pada pekerjaan alternatif 1 maupun alternatif 2 karena nilainya lebih dari 1, walaupun penghematan yang terjadi tidak begitu besar.

Kemudian, tahap kedua sebelum melakukan analisis *value engineering* dengan menggunakan metode *paired comparison* yaitu dengan membuat kriteria desain. Maksudnya disini adalah dengan membuat faktor faktor apa saja yang mempengaruhi terlaksananya sebuah desain proyek. Tiap alternatif desain yang dibuat haruslah memperhatikan berbagai faktor yang mempegaruhi secara positif maupun negatif ketika desain alternatif tersebut dilaksanakan. Sehingga nantinya alternatif desain yang terpilih adalah desain yang paling tepat dan sesuai untuk dilaksanakan

No	Kriteria Desain	Pekerjaan Pelat Alternatif 1	Pekerjaan Pelat Alternatif 2
1	Waktu Pelaksanaan	Lebih lama karena SDM dan alat operasional	Cepat karena langsung dicetak pabrik
2	Pembiayaan	Karena volume berubah maka biaya lebih murah	Lebih mahal karena dibuat pabrikasi dengan mutu baik, namun lebih murah dari waktu pelaksanaan
3	Jumlah tenaga kerja lapangan	Lebih banyak	Sedikit pekerja karena sudah dikerjakan pabrik
4	Mutu Beton	Dengan tebal 10cm pelat mutu beton menjad kurang	Dengan kontrol yang ketat dari pabrik, maka mutu beton lebih terjamin
5	Pengontrolan	Tidak terlalu ketat karena menggunakan beton ready mix.	Kontrol yang cukup Ketat dari pabrik
6	Kondisi cuaca	Sangat berpengaruh, jika hujan	Tidak terpengaruh hujan ataupun cuaca lain yang tidak mendukung

Tabel 4.16 : Kriteria desain alternatif 1 dan 2

Kriteria desain yang dibuat di atas adalah faktor faktor dari masing-masing alternatif desain yang mungkin akan menghambat ataupun meningkatkan kinerja dari masing masing alternatif desain. Faktor faktor tersebut adalah waktu pelaksanaa, biaya yang dikeluarkan dari masing masing desain, jumlah tenaga kerja di lapangan untuk membuat desain, mutu beton, pengontrolan proyek,

serta kondisi cuaca. Selanjutnya setelah kriteria desain dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat bobot item kerja dengan metode *paired comparison*. Dan hasilnya adalah sebagai berikut:

	B	C	D	E	F	Skor	Persentase	Deskripsi
A	A3	A3	A3	A3	A3	15	44	A = Mutu Beton
	B	B3	B3	B3	B3	9	26	B = Biaya
		C	C2	C2	C2	6	18	C = Waktu
			D	D1	F1	2	6	D = Pengontrolan
				E	E1	1	3	E = Kondisi Cuaca
						1	3	F = Jumlah SDM
TOTAL						34	100	

Tabel 4.17 : Bobot Item Kerja

Setelah seluruh item kerja memiliki bobot kerja, kita juga harus membuat indeks item kerja yang berisi perbandingan antara eksisting desain, alternatif desain 1 dan 2. Sehingga nantinya akan diperoleh sebuah indeks angka dari masing masing item kerja yang akan dikalikan dengan bobot item kerja. Untuk lebih jelasnya perhitungan indeks item kerja dari masing masing desain bisa dilihat pada tabel di bawah ini:

	B	C	Skor	Persentase	Deskripsi
A	A2	C2	2	33	A = Eksisting
	B	C2	0	0	B = Alternatif 1
			4	67	C = Alternatif 2
TOTAL			6	100	

Tabel 4.18 : Indeks Mutu Beton

Hasil:

- Indeks Mutu Beton Desain Eksisting : 33%
- Indeks Mutu Beton Alternatif 1 : 0 %
- Indeks Mutu Beton Alternatif 2 : 67 %

	B	C	Skor	Persentase	Deskripsi
A	B3	C2	0	0	A = Eksisting
	B	B2	5	71	B = Alternatif 1
			2	29	C = Alternatif 2
TOTAL			7	100	

Tabel 4.19 : Indeks Biaya

Hasil:

- Indeks Biaya Desain Eksisting : 0 %
- Indeks Biaya Alternatif 1 : 71 %
- Indeks Biaya Alternatif 2 : 29 %

	B	C	Skor	Persentase	Deskripsi
A	B1	C3	0	0	A = Eksisting
	B	C3	1	14	B = Alternatif 1
			6	86	C = Alternatif 2
TOTAL			7	100	

Tabel 4.20 : Indeks Waktu

Hasil:

- Indeks Waktu Desain Eksisting : 0 %
- Indeks Waktu Alternatif 1 : 14 %
- Indeks Waktu Alternatif 2 : 86 %

	B	C	Skor	Persentase	Deskripsi
A	A1	C2	1	20	A = Eksisting
	B	C2	0	0	B = Alternatif 1
			4	80	C = Alternatif 2
TOTAL			5	100	

Tabel 4.21 : Indeks Pengontrolan

Hasil:

- Indeks Pengontrolan Desain Eksisting : 20 %
- Indeks Pengontrolan Alternatif 1 : 0 %
- Indeks Pengontrolan Alternatif 2 : 80 %

	B	C	Skor	Persentase	Deskripsi
A	A1	C1	1	33	A = Eksisting
	B	C1	0	0	B = Alternatif 1
			2	67	C = Alternatif 2
TOTAL			3	100	

Tabel 4.22 : Indeks Kondisi Cuaca

Hasil:

- Indeks Kondisi Cuaca Desain Eksisting : 33 %
- Indeks Kondisi Cuaca Alternatif 1 : 0 %
- Indeks Kondisi Cuaca Alternatif 2 : 67 %

	B	C	Skor	Persentase	Deskripsi
A	B1	C1	0	0	A = Eksisting
	B	C1	1	33	B = Alternatif 1
			2	67	C = Alternatif 2
TOTAL			3	100	

Tabel 4.23 : Indeks Jumlah SDM

Hasil:

- Indeks Jumlah SDM Desain Eksisting : 0 %
- Indeks Jumlah SDM Alternatif 1 : 33 %
- Indeks Jumlah SDM Alternatif 2 : 67 %

Setelah membuat *paired comparison* untuk indeks dan bobot, langkah selanjutnya adalah dengan memasukan kedua indeks tersebut ke dalam matriks evaluasi. Untuk lebih jelasnya lihat tabel 4.24

Deskripsi	Mutu Beton	Biaya	Waktu	Kontrol	Cuaca	SDM	
Bobot	44%	26%	18%	6%	3%	3%	TOTAL
Indeks Eksisting	33%	0%	0%	20%	33%	0%	
(Indeks x Bobot)	15%	0%	0%	1%	1%	0%	17%
Indeks Alternatif 1	0%	71%	14%	0%	0%	33%	
(Indeks x Bobot)	0%	18%	3%	0%	0%	1%	22%
Indeks Alternatif 2	67%	29%	86%	80%	67%	67%	
(Indeks x Bobot)	29%	8%	15%	5%	2%	2%	61%
TOTAL							100%

Tabel 4.24 : Matriks Evaluasi Pekerjaan Pelat

- Terdapat 6 item kerja yang masing-masing memiliki bobot kerja yaitu Mutu beton (44%), Biaya (26%), Waktu (18%), Kontrol (6%), Cuaca (3%), SDM (3%)
- Pemberian nilai pada bobot berdasarkan kepentingan kriteria dengan menganalisisnya dengan metode *paired comparison*
- Dari masing masing item kerja dilakukan pengalihan antara indek dengan bobot kerjanya
- Total hasil adalah jumlah dari bobot dikali nilai. Untuk memilih pekerjaan alternatif dilihat dari yang memiliki total nilai terbesar. Dan dari hasil total yang diperhitungkan didapatkan angka 61% pada alternatif 2 sebagai pilihan yang akan dipakai untuk menggantikan desain eksisting karena memiliki keuntungan yang lebih besar dari semua desain dengan memperhatikan kriteria mutu beton, biaya waktu, pengontrolan, cuaca serta jumlah SDM

4.7.4 Tahap Pengembangan

Dalam penelitian ini, analisis *value engineering* pada tahap pengembangan tidak akan menganalisis *value engineering* pada tahap pengembangan karena minimnya data yang bisa dianalisa yang diperlukan pada penganalisaan pasca pembangunan proyek. Analisa *value engineering* dengan metode *paired comparison* cukuplah kiranya

untuk memilih alternatif desain yang akan dipilih dengan mempertimbangkan kriteria desain pada pra maupun pelaksanaan proyek, sehingga tidak diperlukan analisa *life cycle cost* untuk perhitungan biaya-biaya operasional dan pemeliharaan atau biaya lain yang timbul pasca pembangunan proyek akibat diadakannya beberapa alternatif diatas.

4.7.5 Tahap Rekomendasi

1. Desain eksisting

Pada desain awal untuk item kerja pelat proyek gedung Gedung “X”, desain yang dipakai yaitu:

- Mutu Beton : $F_c' = 30 \text{ MPa}$
- Mutu Baja : $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal Pelat : 120 mm
- Diameter Tulangan : 10 mm

Pada proyek Gedung “X” desain awal untuk pekerjaan pelat beton semua dikerjakan sendiri oleh pihak kontraktor dengan peralatan dan SDM yang mereka miliki.

2. Usulan alternatif desain

Berdasarkan analisa *value engineering* dengan menggunakan metode *paired comparison*, maka saya mengusulkan untuk menggunakan alternatif desain kedua untuk menggantikan desain eksisting yang dipakai oleh pihak kontraktor, yaitu dengan menggunakan beton precast dengan mutu yang sama yaitu $F_c' = 30 \text{ MPa}$ dan tebal pelat beton 120 mm.

3. Dasar pertimbangan

Dengan menggunakan analisa *value engineering* metode *paired comparison*, dipertimbangkan juga berbagai hal yang melatarbelakangi alternatif desain beton pracetak sebagai usulan desain baru yaitu:

- Waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat karena sudah dikerjakan di pabrik dan tinggal membanya ke lapangan

- Mutu beton yang lebih baik karena dikerjakan oleh para ahli di bidangnya
- Biaya yang dikeluarkan lebih rendah
- Pelaksanaan di lapangan dengan menggunakan pelat precast tidak terganggu oleh masalah cuaca yang berubah ubah seperti hujan
- Jumlah SDM yang dipakai untuk mengerjakan desain alternatif ini lebih sedikit sehingga dapat mengurangi biaya upah pekerja
- Kontrol pelaksanaan lebih baik karena hanya mengontrol kedatangan dan pemasangan pelat precast di lapangan

4. Penghematan biaya

Dengan menggunakan desain alternatif kedua yaitu penggunaan pelat precast, dapat dianalisa penghematan biaya yang dikeluarkan yaitu sebesar **Rp.408.345.337,-** jika dibandingkan dengan penggunaan desain eksisting

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian analisa *value engineering* dari proyek gedung Gedung “X” dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari analisa breakdown dan cost model, dapat disimpulkan bahwa di antara seluruh item pekerjaan, item pekerjaan pelat adalah item pekerjaan yang paling banyak menghabiskan dana proyek sehingga, diambil item pekerjaan ini untuk dilakukan analisis *value engineering* dengan metode “*Paired Comparison*”
2. Terdapat 2 desain alternatif yang dimunculkan untuk mengganti desain eksisting yang saat ini digunakan yaitu dengan mengurangi tebal pelat beton menjadi 10 cm dan juga menggunakan pelat precast dengan mutu yang sama dengan mutu desain eksisting sehingga bisa menghemat biaya proyek. Pada alternatif desain pertama yaitu mengurangi tebal pelat beton menjadi 10 cm, dilakukan analisa struktur dengan dibantu software SAP 2000 v14 dan hasilnya adalah desain tersebut masih layak dan kuat untuk dikerjakan namun untuk jangka panjang mutu beton akan mengalami banyak gangguan seperti keretakan ataupun goyang walaupun alternatif desain ini dapat mengestimasi biaya proyek sebesar Rp.1.058.147.556,-. Oleh karena itu berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode “*Paired Comparison*” Desain alternatif kedua (menggunakan pelat precast) adalah desain alternatif yang paling cocok untuk menggantikan desain eksisting.
3. Dengan menggunakan desain eksisting, Rencana Anggaran Biaya yang dikeluarkan untuk membangun Gedung “X” adalah sebesar Rp. 48.447.406.153,- sedangkan jika menggunakan alternatif desain kedua (menggunakan pelat precast), rencana anggaran biaya yang dikeluarkan akan berkurang sebesar Rp. 408.345.337,- yaitu menjadi sebesar Rp 48.039.060.817,-

5.2 Saran

1. Dalam setiap proyek konstruksi khususnya proyek Gedung “X” analisa *value engineering* sangat diperlukan karena hal ini berkaitan dengan masalah estimasi biaya konstruksi yang bisa didapatkan oleh perusahaan sehingga biaya konstruksi bisa lebih rendah
2. Dalam hal pemunculan desain baru, hasil analisa tim *value engineering* haruslah berkoordinasi dengan pihak konsultan agar desain yang dimunculkan tersebut adalah desain yang realistis untuk dilaksanakan di lapangan
3. Dalam hal kriteria desain pada analisis *value engineering* dengan metode *paired comparison*, semakin banyak kriteria desain yang dibuat maka akan semakin valid hasil analisa yang dilakukan karena hal ini berkaitan dengan banyak faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemunculan alternatif desain baru.
4. Analisa *value engineering* sebaiknya tidak hanya dilakukan pada bagian struktur yang paling banyak mengeluarkan biaya proyek, tapi juga dilakukan pada item kerja yang lain sehingga estimasi biaya konstruksi bisa semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Z, Zainal, 2003. *Menghitung Biaya Bangunan*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Barrie, D. dan Poulson, B. 1984. *Manajemen Konstruksi Profesional*. Alih Bahasa Sudinarto. 1990. Edisi Kedua. Jakarta : Erlangga.
- Carol Simpson. 2008. *E 1699 – 00 (Reapproved 2005)*. ASTM International (U.S. National Park Service) pursuant to License Agreement
- Dell’Isola, A. 1974. *Value Engineering in the Construction Industry*. New York: Construction Publishing Corp., Inc.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung “SK SNI T-15-1991-03”*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Dinas Permukiman dan Tata Ruang Propinsi Jawa Tengah. November 2005. *Daftar Harga Satuan Bangunan Gedung Negara Bahan Bangunan/ Upah dan Analisa Pekerjaan.*, Semarang : Balai Pengujian dan Informasi Konstruksi (BPIK).
- Dipohusodo, I. 1999. *Struktur Beton Betulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum*. Jakarta : Gramedia.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung : Yayasan LPMB.
- Donomartono, 1999. *Apilkasi Value Engineering Guna Mengoptimalkan Biaya Pada Tahap Perencanaan Kontruksi Gedung dengan Struktur Balok Beton Patekan*.
- Dr. Roy Woodhead. 2006. *Paired Comparison : Why Tools And Techniques Fit Whitin The Value Methodology*. UK : Technology Management. School of Technology. Oxford Brookes University. UK
- Hutabarat, J. 1995. *Diktat Rekayasa Nilai (Value Engineering)*. Malang : Institut Teknologi Nasional.
- Ibrahim, B. 1994. *Rencana dan Estimate Real of Cost*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Marcel Dekker. 2003. *Value Engineering Analysis And Methodology*
- Nazir, M. 2003. *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia.

- Triwiyono, A. 2005. *Bahan Ajar Struktur Beton Pracetak*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Vis, W. C. dan Kusuma, Gideon. 1993. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.
- Wigroho, H. Y., 2001. *Analisis dan Perancangan Struktur Frame Menggunakan SAP 2000*. Andi, Yogyakarta
- Wang, C. K. dan Salmon, C., 1985. *Disain Beton Bertulang Jilid I*. Alih bahasa Binsar Hariandja, 1993. Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta
- _____. *Disain Beton Bertulang Jilid II*. Alih Bahasa Binsar Hariandja, 1992. Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta
- _____. 2007. *Chapter 19. Value Analysis*. Journal of Project Development Procedures Manual

Lampiran 1 : RAB TOTAL & RAB Pekerjaan Struktur

Bill Of Quantities Proyek Gedung "X" RAB TOTAL		
NO	ITEM PEKERJAAN	SUB TOTAL (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan dan Prasarana	3,248,402,272
2	Pekerjaan Struktur	21,011,176,372
3	Pekerjaan Arsitektur	16,175,850,035
4	Pekerjaan Mekanikal Elektrikal	7,917,346,593
5	Pekerjaan Signase	-
6	Pekerjaan Softscape	94,630,882
7	Pekerjaan Tambah Kurang (Jika Ada)	-
	SUB TOTAL	48,447,406,154
	PPN 10%	4,844,740,615
	GRAND TOTAL	53,292,146,769

Bill Of Quantities Proyek Gedung "X" RAB Pekerjaan Struktur		
NO	ITEM PEKERJAAN STRUKTUR	SUB TOTAL (Rp)
1	Pekerjaan Tanah	1,107,097,469
2	Pekerjaan Struktur Bawah	3,977,645,357
3	Pekerjaan Struktur Atas	13,410,404,966
4	Pekerjaan Lain-lain	2,516,028,580
5	Pekerjaan Signase	-
	PENJUMLAHAN TOTAL	21,011,176,372

Lampiran 2 : Catatan Harga Untuk Pekerjaan Struktur Atas

Bill Of Quantities Proyek Gedung "X" Catatan Harga Untuk Pekerjaan Struktur Atas	
NO	CATATAN HARGA
1	Harga satuan beton sudah termasuk semua hal yang diperlukan, seperti : uji kubus beton, penyiraman, sambungan-sambungan, penghentian beton (water stop akibat penghentian pengecoran termasuk dalam harga satuan, sedangkan water stop pada sambungan antara plat basement dengan dinding basement dihitung tersendiri), pembuatan parit-parit, kemiringan level, dan sebagainya.
2	Harga satuan beton sudah termasuk bahan additive
3	Harga satuan pembesian sudah termasuk semua yang diperlukan, seperti : fabrikasi, besi kaki ayam, penyokong, sisa terbuang (waste), kawat pengikat/ bendrad, dan sebagainya.
4	Perbedaan berat yang dikeluarkan oleh suatu pabrik yang lain untuk diameter yang sama menjadi tanggung jawab Pembedor.
5	Harga satuan pekerjaan sudah harus diperhitungkan terhadap kemungkinan adanya perbaikan tanah, pembuatan konstruksi pencegah longsor / turap risiko longsor pada kemiringan-kemiringan di daerah yang telah jadi, termasuk pengangkutan dan pembentukan/pem
6	Harga satuan acuan (bekisting) sudah termasuk semua hal, seperti : pembuatan lubang sparing, pembentukan sudut-sudut miring pada balok, ramp, skoor (balok penguat, dan sebagainya).
7	Volume lantai kerja dihitung netto (tidak dikurangi dengan luas pondasi tiang pancang).
8	Harga satuan pekerjaan sudah termasuk alat-alat yang diperlukan dan sesuai spesifikasi.
9	Sambungan besi beton pada kolom dan shear wall, setiap dua lantai (dua lantai satu sambungan).
10	Harga Satuan pekerjaan beton harus sudah termasuk penyediaan lobang-lobang sparing untuk pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal.
11	Harga Satuan pembesian sudah termasuk pembesian delatasi (dowel) seperti pada detail general Note.
12	Harga Satuan sudah termasuk expansion joint dan construction joint pada plat beton.

Lampiran 3 : Tabel Berat Besi & RAB Lantai Semi Basement

Tabel berat yang dipakai dalam menghitung berat besi adalah:

Diameter (mm)	Kg/m
6	0.22
8	0.40
10	0.62
12	0.89
13	1.04
16	1.58
19	2.23
22	2.99
25	3.85
29	5.19
32	6.32

RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai Semi Basement)

(Harga dalam Rp.)

LANTAI SEMI BASEMENT	QUANTITY	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
Beton $f_c' = 30$ MPa, pada :			
Kolom	84 m ³	838690	70379550
Retaining Wall	224 m ³	838690	187841505
Tangga	11 m ³	838690	9569458
Besi Beton Pada :			
Kolom	33852 kg	9477	320828082
Retaining Wall	23642 kg	9477	224071348
Tangga	1558 kg	9477	14765988
Bekisting Fairface Pada:			
Kolom	912 m ²	103179	94161373
Retaining Wall	2240 m ²	102857	230363460
Tangga	80 m ²	105323	8472234
TOTAL			1,160,452,999

Lampiran 4: RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai 1 & 2)

(Harga Dalam Rp.)

LANTAI 1	QUANTITY	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
Beton $f_c' = 30$ MPa, pada :			
Kolom	112 m ³	838690	94032634
Drop Panel	95 m ³	838690	79943976
Plat Lantai	1183 m ³	838690	992271473
Tangga	48 m ³	838690	40542297
Balok	20 m ³	838690	16404786
Besi Beton Pada :			
Kolom	41262 kg	9477	391055292
Drop Panel	24068 kg	9477	228099410
Plat Lantai	102565 kg	9477	972046341
Tangga	6420 kg	9477	60848578
Balok	6591 kg	9477	62467265
Bekisting Fairface Pada :			
Kolom	1188 m ²	103179	122586841
Drop Panel	167 m ²	106295	17751332
Plat Lantai	6389 m ²	106295	679128770
Tangga	353 m ²	105323	37155560
Balok	160 m ²	107079	17160520
TOTAL HARGA			3,811,495,074

(Harga Dalam Rp.)

LANTAI 2	QUANTITY	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
Beton $f_c' = 30$ MPa, pada :			
Kolom	66 m ³	838690	55538083
Balok	247 m ³	838690	207458476
Plat Lantai	471 m ³	838690	394651142
Tangga	35 m ³	838690	29622548
Besi Beton Pada :			
Kolom	23085 kg	9477	218784234
Balok	60947 kg	9477	577617823
Plat Lantai	37992 kg	9477	360062481
Tangga	4691 kg	9477	44459490
Bekisting Fairface Pada :			
Kolom	802 m ²	103179	82753051
Balok	1993 m ²	107079	213372527
Plat Lantai	4058 m ²	106295	431359269
Tangga	258 m ²	105323	27148001
TOTAL HARGA			2642827125

Lampiran 5: RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai 3 & 4)

(Harga Dalam Rp)

LANTAI 3	QUANTITY	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
Beton $f_c' = 30$ MPa, pada :			
Kolom	55 m ³	838690	46497000
Balok	249 m ³	838690	208682964
Plat Lantai	485 m ³	838690	407076666
Tangga	35 m ³	838690	29622548
Besi Beton Pada :			
Kolom	19461 kg	9477	184440099
Balok	57814 kg	9477	547920184
Plat Lantai	39211 kg	9477	371619729
Tangga	4691 kg	9477	44459490
Bekisting Fairface Pada :			
Kolom	721 m ²	103179	74363341
Balok	2013 m ²	107079	215550518
Plat Lantai	4169 m ²	106295	443137233
Tangga	258 m ²	105323	27148001
TOTAL HARGA			2,600,517,773

(Harga Dalam Rp)

LANTAI 4	QUANTITY	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
Beton $f_c' = 30$ MPa, pada :			
Kolom	42 m ³	838690	35131067
Balok	243 m ³	838690	203751464
Plat Lantai	285 m ³	838690	239258106
Tangga	35 m ³	838690	29622548
Besi Beton Pada :			
Kolom	12005 kg	9477	113772838
Balok	48288 kg	9477	457643925
Plat Lantai	23052 kg	9477	218474088
Tangga	4691 kg	9477	44459457
Bekisting Fairface (ready to paint) Pada :			
Kolom	545 m ²	103179	56185635
Balok	1971 m ²	107079	211003934
Plat Lantai	2463 m ²	106295	261818834
Tangga	258 m ²	105323	27148054
TOTAL HARGA			1,898,269,948

Lampiran 6: RAB Pekerjaan Struktur Atas (Lantai Atap Atas & Bawah)

(Harga Dalam Rp)

LANTAI ATAP BAWAH	QUANTITY	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
Beton fc' = 30 MPa, pada :			
Kolom	17 m ³	838690	14465733
Balok	154 m ³	838690	129208654
Plat Lantai	139 m ³	838690	116607470
Besi Beton Pada :			
Kolom	5294 kg	9477	50175289
Balok	26797 kg	9477	253968201
Plat Lantai	10671 kg	9477	101135659
Bekisting Fairface Pada :			
Kolom	224 m ²	103179	23135262
Balok	1236 m ²	107079	132298548
Plat Lantai	1441 m ²	106295	153186415
TOTAL HARGA			974181232

(Harga Dalam Rp)

LANTAI ATAP ATAS	QUANTITY	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
Beton fc' = 30 MPa, pada :			
Balok	31 m ³	838690	25999405
Plat Lantai	77 m ³	838690	64444976
Besi Beton Pada :			
Balok	6621 kg	9477	62745709
Plat Lantai	5898 kg	9477	55893020
Bekisting Fairface Pada :			
Balok	251 m ²	107079	26864041
Plat Lantai	816 m ²	106295	86713664
TOTAL HARGA			322,660,815

Lampiran 7 : RAB TOTAL Pekerjaan Struktur Atas

Bill Of Quantities	
Proyek Gedung "X"	
Penjumlahan Total	
PEK. STRUKTUR ATAS	SUB TOTAL (Rp.)
Lantai 1	3,811,495,074
Lantai 2	2,642,827,125
Lantai 3	2,600,517,773
Lantai 4	1,898,269,948
Lantai Atap Bawah	974,181,232
Lantai Atap Atas	322,660,815
TOTAL HARGA	13,410,404,966