

**SKRIPSI**

***“PENERAPAN REKAYASA NILAI (VALUE ENGINEERING) PADA  
PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG POLIKLINIK DAN  
KEDOKTERAN HEWAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG”***



***Disusun Oleh :***  
***YULIUS ERENST POTTU***  
***09.21.018***

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2014**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**"PENERAPAN REKAYASA NILAI (VALUE ENGINEERING) PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN GEDUNG POLIKLINIK DAN KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG"**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang

Strata Satu (S-1)

Pada hari : Selasa

Tanggal : 19 Agustus 2014

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

*Disusun Oleh :*

**YULIUS ERENST POTTU**

**09.21.018**

Disahkan Oleh :

Ketua



**Ir. A. Agus Santosa, MT**

Sekretaris



**Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT**

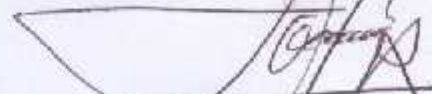
Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



**Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT**

Dosen Penguji II



**Ir. Tjong Iskandar, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2014**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**"PENERAPAN REKAYASA NILAI (VALUE ENGINEERING) PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN GEDUNG POLIKLINIK DAN KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG"**

Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang

*Disusun Oleh :*

**YULIUS ERENST POTTU  
09.21.018**

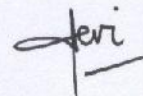
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



**Ir. H. Edi Hargono D.P., MS**

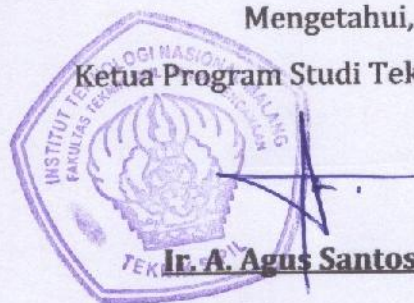
Dosen Pembimbing II



**Ir. Deviany Kartika, MT**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



**Ir. A. Agus Santosa, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2014**



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yulius Erenst Pottu  
Nim : 09.21.018  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

***"PENERAPAN REKAYASA NILAI (VALUE ENGINEERING) PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN GEDUNG POLIKLINIK DAN KEDOKTERAN HEWAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG"***

duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali  
disebutkan sumbernya.

Malang, September 2014

AFTERAI  
TEMPEL  
30C5DAB-245325024  
6000  
Pernyataan  
Yulius Erenst Pottu

# **“PENERAPAN REKAYASA NILAI (*VALUE ENGINEERING*) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG POLIKLINIK DAN KEDOKTERAN HEWAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG”**

Oleh : Yulius Erenst Pottu (09.21.018)

Dosen Pembimbing I : Ir. H. Edi Hargono D.P., MS , Dosen Pembimbing II : Ir. Deviany Kartika, MT

---

## **ABSTRAKSI**

Rekayasa Nilai merupakan salah satu metode atau teknik pengendalian biaya. Teknik ini menggunakan pendekatan dengan menganalisa antara nilai dengan fungsinya dimana proses yang ditempuh adalah menekan pengurangan biaya dengan tetap memperhatikan fungsinya. Penulisan tugas akhir ini menggunakan metode perbandingan dengan membandingkan desain struktur tengah awal dengan desain struktur tengah penulis.

Alternatif struktur tengah yaitu desain awal menggunakan beton bertulang, sedangkan desain usulan menggunakan Baja Profil Wide Flange (WF), Baja Profil Castella, dan Baja Profil INP dan Wide Flange (WF), dimana ketiga alternatif ini dipilih dari analisa keuntungan dan kerugian, kemudian dianalisa kembali yang terbaik, baik dari segi analisa pemilihan alternatif (Analytical Hierarchy Process) dan analisa dimensi dan biaya.

Hasil analisa tugas akhir ini diperoleh dari segi analisa pemilihan alternatif dan analisa dimensi dan biaya alternatif Baja Profil Wide Flange (WF) adalah yang terbaik dengan harga Rp. 1.927.192.938,- dari total biaya awal Rp. 2.715.032.033,- besarnya penghematan yang dihasilkan Rp. 787.839.095,- (sebesar 29.02% dari biaya desain awal) dan dari segi analisa pemilihan alternatif bobot prioritas global dengan total skor 12.247. Sehingga usulan yang layak digunakan untuk desain struktur tengah Gedung Poliklinik dan Kedokteran Universitas Brawijaya Malang adalah menggunakan dimensi kolom : bentang 4 m dengan section profil WF 300x300x10x15 dan WF 250x250x9x14, dimensi balok : bentang 6 dan 7 m dengan section profil WF 200x200x8x12, bentang 3 dan 5 m dengan section profil WF 175x175x7.5x11.

**Kata Kunci : Alternatif Struktur Tengah, Penghematan Biaya**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahman-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Penerapan Rekayasa Nilai Pada Struktur Tengah Proyek Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang” ini dengan baik. Pada kesempatan ini pula penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, antara lain :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT. selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT. selaku Dekan FTSP ITN Malang.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. H. Edi Hargono D.P., MS. Selaku Dosen Pembimbing I skripsi.
6. Ibu Ir. Deviany Kartika, MT, Selaku Dosen Pembimbing II skripsi.
7. Orang Tua yang telah memberikan dorongan moril dan materiil.
8. Teman-teman Teknik Sipil S-1 Angk. 2009 atas dukungan dan kerjasamanya.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Malang, September 2014

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	
LEMBAR PERSETUJUAN .....	
LEMBAR PENGESAHAN .....	
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI .....	
ABSTRAKSI .....	
KATA PENGANTAR .....	
DAFTAR ISI .....	
DAFTAR GAMBAR .....	
DAFTAR TABEL .....	
DAFTAR LAMPIRAN .....	
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Peneliitian .....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II DASAR TEORI .....	4
2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 Pengertian Rekayasa Nilai .....	5
2.2.1 Nilai .....	8
2.2.2 Biaya .....	8
2.2.3 Fungsi .....	9

2.3	Unsur-Unsur Rekayasa Nilai .....	10
2.4	Analisa Biaya Untuk Rekayasa Nilai .....	11
2.5	Waktu Penerapan Rekayasa Nilai .....	12
2.6	Rencana Kerja Rekayasa Nilai .....	14
2.6.1	Tahap Informasi .....	14
2.6.2	Tahap Spekulasi/Kreatifitas .....	16
2.6.3	Tahap Analisa .....	17
2.6.4	Tahap Penyajian dan Program Tindak Lanjut .....	24
2.7	Perhitungan Analisa Biaya .....	24
2.7.1	Harga Satuan pekerjaan .....	24
2.7.2	Analisa Upah dan Bahan .....	25
2.8	Rencana Anggaran Biaya .....	25
2.8.1	Pengertian .....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		27
3.1	Lokasi penelitian .....	27
3.2	Proses Penelitian .....	27
3.2.1	Tahap Persiapan .....	27
3.2.2	Data Penelitian .....	27
3.2.3	Metode Pengumpulan Data .....	28
3.2.4	Analisa Data .....	29
3.2.4.1	Tahap Informasi .....	29
3.2.4.2	Tahap Spekulasi/Kreatifitas .....	32
3.2.4.3	Tahap Analisa .....	33
3.2.4.3.1	Analisa keuntungan dan Kerugian .....	33



	3.2.4.3.2 Pengukuran Alternatif dan Penilaian	
	Alternatif .....	34
	3.2.4.4 Tahap Penyajian dan Program Tindak Lanjut .....	40
3.3	Teori Dasar Staad Pro .....	41
3.4	Input Staad Pro .....	41
3.5	Output Staad Pro .....	43
3.6	Struktur Baja .....	43
3.7	Struktur Baja Profil Wide Flange .....	45
3.8	Struktur Baja Profil Castella .....	47
3.9	Struktur Baja Profil INP .....	49
3.10	Pembebanan .....	50
3.11	Kombinasi Pembebanan .....	53
3.12	Bagan Alir .....	55
3.10	Pembebanan .....	50
	BAB IV PENERAPAN REKAYASA NILAI .....	56
4.1	Tahap Informasi .....	56
	4.1.1 Deskripsi Proyek .....	56
	4.1.2 Identifikasi Item Kerja .....	57
	4.1.3 Analisa Fungsi .....	60
	4.1.4 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Baja .....	66
4.2	Tahap Spekulasi/Kreatifitas .....	69
	4.2.1 Alternatif Desain .....	71
4.3	Tahap Analisa .....	71
	4.3.1 Seleksi Alternatif .....	73

4.3.2	Analisa keuntungan dan Kerugian Alternatif .....	73
4.3.3	Analisa Pemilihan Alternatif .....	76
4.3.4	Analisa Penilaian Dengan Kriteria Biaya .....	85
4.4	Tahap Rekomendasi/Penyajian Tindak Lanjut .....	102
BAB V PENUTUP .....		103
5.1	Kesimpulan .....	103
5.1	Saran .....	104

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penyusunan Analytical Hierarchy Procces (AHP) .....	18
Gambar 3.1 Penyusunan Analytical Hierarchy Procces (AHP) .....	37
Gambae 3.2 Perbandingan antara balok-balok yang mengalami defleksi dengan dan tanpa aksi komposit .....	46
Gambar 3.3 Variasi regangan pada balok-balok komposit .....	47
Gambar 3.4 Pola pemotongan profil .....	48
Gambar 3.5 Pola pemotongan yang benar .....	49
Gambar 3.6 Pola penyambungan yang benar .....	49
Gambar 3.7 Pola Baja Profil INP .....	49
Gambar 3.8 Detail Profil INP .....	50
Gambar 3.9 Bagan Alir .....	55
Gambar 4.1 <i>Cost Model</i> pekerjaan struktur tengah .....	58
Gambar 4.2 Diagram FAST Balok .....	62
Gambar 4.3 Diagram FAST Kolom .....	65
Gambar 4.4 Konstruksi Dasar Kolom .....	68
Gambar 4.5 Pemasangan Kolom .....	68
Gambar 4.6 Pemasangan Balok - Kolom .....	69
Gambar 4.7 Baja Profil Wide Flange(WF) .....	75
Gambar 4.8 Baja Profil Castella .....	75
Gambar 4.9 Baja Profil INP .....	76
Gambar 4.10 Penyusunan Analytical Hierarchy Process (AHP) .....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Identifikasi fungsi menggunakan kata kerja dan kata benda .....	10
Tabel 2.2 Komponen-Komponen Total Biaya .....	12
Tabel 2.3 Matriks perbandingan berpasangan .....	20
Tabel 2.4 Skala kuantitatif dalam mendukung keputusan .....	21
Tabel 3.1 Breakdown Biaya .....	30
Tabel 3.2 Analisa Fungsi .....	31
Tabel 3.3 Form Pengumpulan Alternatif Item Kerja .....	33
Table 3.4 Analisa Keuntungan dan Kerugian .....	34
Tabel 3.5 Perhitungan kriteria terhadap tujuan .....	35
Tabel 3.6 Skala kuantitatif dalam mendukung keputusan .....	37
Tabel 3.7 Matriks perbandingan berpasangan .....	39
Tabel 3.8 Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> untuk menentukan bobot .....	39
Tabel 3.9 Analisa Pengambilan Keputusan .....	40
Tabel 3.10 Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung .....	51
Tabel 3.11 Beban Hidup pada Lantai Gedung .....	52
Tabel 4.1 Breakdown Analisa Struktur Tengah .....	59
Tabel 4.2 Analisa Fungsi Pekerjaan Struktur Balok .....	63
Tabel 4.3 Analisa Fungsi Pekerjaan Struktur Kolom .....	66
Tabel 4.4 Analisa Keuntungan dan Kerugian .....	70
Tabel 4.5 Skala Penilaian perbandingan berpasangan .....	74
Tabel 4.6 Rata - rata geometrik terhadap kriteria pada pekerjaan struktur tengah .....	77

Tabel 4.7 Perbandingan Kriteria .....	78
Tabel 4.8 Normalisasi Perbandingan Kriteria .....	79
Tabel 4.9 Point Hasil Survey .....	80
Tabel. 4.10 Bobot Prioritas Total Skor .....	81
Tabel 4.11 Dimensi Baja Profil WF (Alternatif A) untuk Balok dan Kolom .....	83
Tabel 4.12 Berat Profil Baja Lantai 1 .....	84
Tabel 4.13 Berat bagian yang ikut serta untuk setiap bagian konstruksi .....	85
Tabel 4.14 Perhitungan RAB struktur Tengah dengan alternatif A .....	86
Tabel 4.15 Biaya Maintenance dengan alternatif A .....	86
Tabel 4.16 Dimensi Baja Profil Castella (Alternatif B) untuk balok dan kolom .....	87
Tabel 4.17 Berat Profil Baja Lantai 1 .....	88
Tabel 4.18 Perhitungan RAB struktur Tengah dengan alternatif B .....	90
Tabel 4.19 Biaya Maintenance dengan alternatif B .....	90
Tabel 4.20 Dimensi Baja Profil WF untuk kolom dan Profil INP untuk balok (Alternatif C) .....	91
Tabel 4.21 Berat Profil Baja Lantai 1 .....	92
Tabel 4.22 Perhitungan RAB struktur Tengah dengan alternatif C .....	94
Tabel 4.23 Biaya Maintenance dengan alternatif C .....	94
Tabel 4.24 Hasil perbandingan analisa pemilihan alternatif dengan biaya dan non biaya .....	98
Tabel 4.25 Pekerjaan Struktur Tengah Balok dan Kolom .....	99

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 : Berat Profil Alternatif A, B, C dan Perhitungan  
: Seleksi Alternatif Terpilih
- Lampiran 2 : Hasil Staad Pro Alternatif A, B, dan C
- Lampiran 3 : Gambar Desain
- Lampiran 4 : Form Revisi dan Lembar Asistensi

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada pembangunan sebuah gedung, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dihitung setelah perhitungan konstruksi bangunan. Hal tersebut terkait dalam pemilihan desain dan bahan yang digunakan dalam perencanaan bangunan konstruksi tersebut. Rencana Anggaran Biaya proyek bangunan gedung disusun seoptimal dan seefisien mungkin dengan mutu dan kualitas yang tetap terjamin. Pada beberapa bagian bangunan gedung ada yang memiliki biaya yang besar, namun bagian tersebut masih dapat dioptimalisasi dengan cara pengefisienan kembali.

Aspek pembiayaan yang besar menjadi pusat perhatian untuk dilakukan analisa kembali dengan tujuan untuk mencari penghematan. Hal tersebut memunculkan banyak alternatif-alternatif yang dijadikan dasar untuk melakukan kajian yang sifatnya tidak mengoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat perencana maupun mengoreksi perhitungannya namun lebih mengarah kepenghematan biaya. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) agar biaya-biaya dan usaha-usaha yang tidak diperlukan dapat dihilangkan sehingga nilai atau biaya proyek tersebut dapat berkurang.

Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) adalah suatu cara pendekatan kreatif dan terencana dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya yang tidak perlu. Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) digunakan untuk mencari suatu alternatif-alternatif atau ide-ide yang bertujuan untuk

menghasilkan biaya yang lebih baik / lebih rendah dari harga yang direncanakan sebelumnya dengan batasan fungsional dan mutu pekerjaan.

Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang terdiri dari 5 lantai yang berlokasi di kawasan Puncak Dieng yang merupakan kampus III Universitas Brawijaya Malang, dimana fungsi bangunan sendiri adalah laboratorium hewan dan untuk ruang perkuliahan. Pada struktur tengah bangunan menggunakan beton bertulang, dikarenakan aspek biaya yang dikeluarkan cukup besar serta terjadi pemborosan waktu, tenaga dan pikiran, maka peneliti coba mengganti desain struktur tengah dengan alternatif-alternatif desain yang lain tanpa mengurangi mutu atau kekuatan struktur dengan menerapkan Rekayasa Nilai.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam pelaksanaan proyek pembangunan gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang diantaranya :

1. Apa alternatif struktur tengah yang paling efisien dan efektif dengan menerapkan Rekayasa Nilai pada proyek pembangunan gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang?
2. Berapa penghematan biaya yang diperoleh dari penerapan Rekayasa Nilai?

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini ruang lingkup dan batasan masalahnya adalah:



1. Rekayasa Nilai dilakukan pada pekerjaan pembangunan gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang, dalam hal ini pelaksanaan pekerjaan struktur tengah
2. Analisa Rekayasa Nilai dilakukan pada pekerjaan struktur tengah dengan beberapa alternatif pembanding untuk menentukan suatu pilihan terbaik sesuai dengan kriteria yang dikehendaki.
3. Anggaran biaya dan harga satuan diambil sesuai dengan data yang ada pada Rencana Anggaran Biaya.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan:

1. Menemukan alternatif terbaik yang dapat mengganti desain awal item pekerjaan.
2. Untuk mengetahui penghematan biaya yang tercapai sebelum dan sesudah dilakukan Rekasaya Nilai.

#### **1.5 Manfaat**

1. Memberikan informasi atau rekomendasi baik kepada owner, perencana maupun pelaksana mengenai penghematan biaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan pekerjaan.
2. Memberikan informasi bagi mahasiswa terutama mahasiswa Teknik Sipil tentang cara menerapkan penghematan biaya pada proyek konstruksi.
3. Memberikan informasi serta menambah pengetahuan kepada masyarakat bahwa dengan penerapan Rekayasa Nilai dapat menghemat biaya tanpa mengurangi mutu atau kualitas produk atau proyek.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penulisan ini penulis mengambil beberapa tulisan dan jurnal yang terkait dengan bahasan yang akan penulis angkat dalam penelitian ini. Adapun maksud dan tujuan dari hal tersebut adalah untuk memudahkan penyusunan penelitian ini.

**Jumati (2005)**, mengambil judul Analisa Rekayasa Nilai Dengan Metode *Fast & Analytical Hierarchy Proses* pada Proyek Gedung Regional Indosat Semarang. Aspek yang dipertimbangkan adalah aspek keawetan, pengawasan mutu, kekuatan dan biaya. Untuk mendapatkan hasil perencanaan yang baik digunakan Metode AHP. Sebelumnya dilakukan perbandingan cost/worth untuk mencari biaya yang tidak diperlukan dengan menggunakan analisa fungsi. Analisa fungsi tersebut berdasarkan fungsi-fungsi yang terpilih oleh Fast. Sedangkan item pekerjaan dalam Fast didapatkan dari analisa Pareto dan breakdown cost model. Dari hasil tahap rekomendasi untuk pekerjaan Rekayasa Nilai didapatkan penghematan biaya proyek sebesar Rp. 233.506.279,6 atau 1.08 % dari total biaya proyek sebesar Rp 21.568.714.275,62.

**Pradana (2012)**, mengambil judul Aplikasi Value Engineering pada Struktur Tengah Proyek Pembangunan Hotel OJ Malang. Aspek yang dipertimbangkan adalah aspek estetika, keawetan, pengawasan mutu, kekuatan dan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari tiga alternatif material berdasarkan analisis Keuntungan dan Kerugian dan analisis Kelayakan,

kemudian dianalisa kembali yang terbaik, baik dari segi analisa biaya dan analisa non biaya. Dari ketiga alternatif yang terpilih dianalisis diperoleh struktur tengah gedung dengan baja profil castella yang memenuhi syarat kekuatan dan memberikan biaya yang paling efisien penghematan yang didapat sebesar Rp. 1.689.948.548,64 atau sebesar 0,17 % dari biaya awal.

**Winata dan Santoso (2011)**, mengambil judul Penerapan Rekayasa Nilai Pada Suatu Proyek Rumah Tinggal. Aspek yang dipertimbangkan adalah aspek estetika, keawetan dan biaya. Tahap analisa meliputi analisa keuntungan dan kerugian, analisa life cycle cost, dan AHP, sedangkan pada tahap rekomendasi, dilakukan evaluasi dengan metode weightmatrix. Berdasarkan hasil dari penerapan rekayasa nilai pada rumah tinggal tersebut, dilakukan analisa terhadap 5 (lima) item pekerjaan arsitektur dan finishing yang berbiaya tinggi yaitu pekerjaan plafond, pekerjaan kanopi, pekerjaan dinding, pekerjaan pelapis dinding travertine, dan pekerjaan penutup atap dengan total penghematan sebesar Rp 1,831,784,391.00 atau 6.6% dari total anggaran pekerjaan arsitektur dan finising.

Pada penulisan skripsi ini yang membedakan dengan penelitian yang pernah dilakukan diatas adalah metode yang digunakan pada penelitian. Dimana penulis menggabungkan dua metode yang digunakan pada penelitian terdahulu yaitu metode analisa keuntungan dan kerugian serta metode analisa biaya dan non biaya.

## **2.2 Pengertian Rekayasa Nilai**

Secara umum pengertian dari Rekayasa Nilai adalah teknik yang menggunakan pendekatan dengan menganalisis nilai terhadap fungsinya.

proses yang ditempuh adalah menekankan pengurangan biaya sejauh mungkin dengan tetap memelihara kualitas serta reabilitas yang diinginkan. Sedangkan Rekayasa Nilai menurut para ahli adalah sebagai berikut:

- 1) Rekayasa nilai adalah Usaha yang terorganisasi secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis).  
*(Iman Soeharto, 1995 yang dikutip dari Society Of American Value Engineers)*
- 2) Rekayasa Nilai adalah Evaluasi sistematis atas desain engineering suatu proyek untuk mendapatkan nilai yang paling tinggi bagi setiap dolar yang dikeluarkan. Selanjutnya Rekayasa Nilai mengkaji dan memikirkan berbagai komponen kegiatan seperti pengadaan, pabrikasi, dan konstruksi serta kegiatan-kegiatan lain dalam kaitannya antara biaya terhadap fungsinya, dengan tujuan mendapatkan penurunan biaya proyek secara keseluruhan.  
*(E.R. Fisk 1982)*
- 3) Rekayasa Nilai adalah Sebuah teknik dalam manajemen menggunakan pendekatan sistematis untuk mencari keseimbangan fungsi terbaik antara biaya, keandalan dan kinerja sebuah proyek. *(Dell'Isola)*
- 4) Rekayasa Nilai adalah suatu pendekatan yang terorganisasi dan kreatif yang bertujuan untuk mengadakan pengidentifikasian biaya yang tidak perlu. Biaya yang tidak perlu ini adalah biaya yang tidak memberikan kualitas, kegunaan, sesuatu yang menghidupkan penampilan yang baik ataupun sifat yang diinginkan oleh konsumen. *( Miles 1971 dalam Barrie dan Poulson 1984)*

- 5) Rekayasa Nilai adalah penerapan sistematis dari sejumlah teknik untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi suatu benda dan jasa dengan memberi nilai terhadap masing-masing fungsi yang ada serta mengembangkan sejumlah alternatif yang memungkinkan tercapainya fungsi tersebut dengan biaya total minim. (*Heller 1971 dan Hutabarat 1995*)
- 6) Rekayasa Nilai 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 dan biaya serendah-rendahnya, yaitu dengan batasan fungsional dan tahapan rencana tugas yang dapat mengidentifikasi dan menghilangkan biaya-biaya dan usaha-usaha yang tidak diperlukan atau tidak mendukung. (*Donomartono 1999*)
- 7) Rekayasa Nilai adalah sebuah pendekatan yang bersifat kreatif dan sistematis dengan tujuan untuk mengurangi/ menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan. (*Zimmerman dan hart, 1982*).

Ada anggapan bahwa Rekayasa Nilai hanya untuk mengkritik proyek yang akan didesain atau yang sudah didesain. Anggapan tersebut kurang tepat karena Rekayasa Nilai bukanlah menurut (*Zimerman and Hart,1982*) :

- *A design review* yaitu mengoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat oleh perencana, atau melakukan perhitungan ulang yang sudah dibuat oleh perencana.

- *A cost cutting proses* yaitu proses menurunkan biaya dengan mengurangi biaya satuan serta mengorbankan mutu, keandalan dan penampilan dari yang dihasilkan.
- *A requirement done all design* yaitu ketentuan yang ada pada setiap desain, akan tetapi lebih berorientasi pada biaya yang sesungguhnya dan analisa fungsi.
- *Quality control* yaitu kontrol kualitas dari suatu produk karena lebih dari sekedar meninjau ulang status keandalan suatu desain.

Sebelum membahas lebih jauh, terlebih dahulu kita harus mengetahui apa yang dimaksud dengan nilai, biaya dan fungsi itu sendiri.

### **2.2.1 Nilai**

Arti nilai (*value*) sulit dibedakan dengan biaya (*cost*) atau harga (*price*). Nilai mengandung arti subyektif apalagi bila dihubungkan dengan moral, estetika, sosial, ekonomi. Pengertian nilai dibedakan dengan biaya karena hal-hal sebagai berikut (*soeharto, 2001:313*) :

- Ukuran nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaannya sedangkan harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya atau harga komponen-komponen yang membentuk barang tersebut.
- Ukuran nilai cenderung kearah subyektif sedangkan biaya tergantung kepada (*monetary value*) pengeluaran yang telah dilakukan untuk mewujudkan barang tersebut.

### **2.2.2 Biaya**

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi, dan mengaplikasikan produk.

Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, reabilitas dan maintainability karena ini akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai. Biaya pengembangan merupakan komponen yang cukup besar dari total biaya. Sedangkan perhatian terhadap biaya produksi amat diperlukan karena sering mengandung sejumlah biaya yang tidak perlu (unnecessary cost).

### **2.2.3 Fungsi**

Arti fungsi sangat penting dalam studi Rekayasa Nilai karena fungsi akan menjadi objek utama dalam hubungannya dengan biaya. Untuk mengidentifikasi fungsi L.D Miles menerangkan sebagai berikut :

1. Suatu sistem memiliki berbagai macam fungsi yang dibagi menjadi 2 kategori berikut ini.
  - a) Fungsi dasar, yaitu alasan pokok sistem itu terwujud. Misalkan kendaraan truk, fungsi pokoknya adalah sebagai alat pengangkut, dan inilah yang mendorong produsen membuatnya. Bila suatu peralatan kehilangan fungsi dasarnya, berarti alat tersebut akan kehilangan nilai jual dipasaran.
  - b) Fungsi kedua adalah kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya. Fungsi kedua kadang-kadang menimbulkan hal-hal yang tidak disukai. Misalnya untuk menggerakkan truk dipilih mesin diesel yang relatif murah bahan bakarnya, akan tetapi mengeluarkan asap hitam yang tidak disukai.
2. Untuk mengidentifikasi fungsi dengan cara yang mudah adalah dengan menggunakan kata kerja dan kata benda seperti yang terlihat pada table 2.1

**Tabel 2.1 Identifikasi fungsi menggunakan kata kerja dan kata benda.**

Nama Peralatan	Fungsi	
	Kata Kerja	Kata Benda
1. Truk	Mengangkut	Barang
2. Pompa	Mendorong	Air
3. Cangkul	Menggali	Tanah

Sumber : Soeharto, 2001. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta, Erlangga. Hal 315

Bila belum dapat menjelaskan fungsi dengan dua kata seperti diatas, berarti informasi yang tersedia masih kurang untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan fungsi yang dimaksud. Adapun hubungan antara nilai, biaya dan fungsi dijabarkan dengan memakai rumus-rumus sebagai berikut :

Nilai = Fungsi / Biaya, atau Nilai = Manfaat / Biaya

Dari rumus diatas maka nilai dapat ditingkatkan dengan cara sebagai berikut (Soeharto, 2001 :315) :

- a) Meningkatkan fungsi atau manfaat tanpa menambah biaya
- b) Mengurangi biaya dengan mempertahankan fungsi dan manfaat
- c) Kombinasi a dan b

### **2.3 Unsur-Unsur Rekayasa Nilai**

Rekayasa Nilai mempunyai kemampuan yang dapat dipakai sebagai alat bagi value analysis. Kemampuan itu dikenal sebagai unsur-unsur utama dari Rekayasa Nilai (*Key Element of Value Engineering*). Unsur-unsur tersebut adalah sebagai berikut (Dell'Isola, Alphonse J,1973) :

- Analisa fungsi
- Cost model



- Biaya siklus hidup
- Matriks evaluasi
- Functional Analysis Engineering
- Rencana kerja Value Engineering
- Kreativitas
- Cost and worth
- Human dynamics ( kebiasaan, penghalang dan sikap)
- Keserasian hubungan antara pemberi tugas, konsultan perencana dan konsultan Rekayasa Nilai

Setiap unsur diatas dipergunakan dalam Rekayasa Nilai dalam Rekayasa Nilai studi atau unsur-unsur diatas harus disertakan didalam penerapan Rekayasa Nilai studi untuk suatu proyek.

#### **2.4 Analisa Biaya untuk Rekayasa Nilai**

Pentingnya analisis biaya bertambah karena Rekayasa Nilai bertujuan untuk mengetahui hubungan fungsi uang sesungguhnya terhadap biaya yang diperlukan dan membarikan cara pengambilan keputusan mengenai usaha-usaha yang diperlukan selanjutnya.

Sebagai contoh bila ingin mengetahui struktur biaya bagi peralatan yang dijadikan objek studi Rekayasa Nila, maka total biaya dikelompokkan seperti pada table 2.2

**Tabel 2.2 Komponen-Komponen Total Biaya :**

<b>Komponen</b>	<b>%</b>
Material	30.0
Tenaga kerja	25.0
Testing dan inspeksi	4.0
Engineering dan kepenyediaan	6.0
Over head	30.0
Laba	5.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

*Sumber : Soeharto, 2001. Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional. Jakarta, Erlangga. Hal 314*

### **2.5 Waktu Penerapan Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)**

Faktor penting yang harus diyakini adalah bahwa hampir semua desain proyek selalu mengandung biaya-biaya yang tidak perlu, bagaimanapun juga bagusnya tim perencana. Hal ini terjadi karena tidak mungkin menyelesaikan secara bersama sejumlah banyak detail untuk suatu proyek dengan tetap menjaga keseimbangan fungsional antara biaya, kinerja dan keandalan mutu tanpa tinjauan *VE* (Zimmerman, 1982).

Sifat dari desain konstruksi menuntut sedemikian banyak variabel dan penyelesaiannya dibatasi dalam waktu ketat sehingga perencana tidak sempat untuk meninjau ulang hal-hal tersembunyi yang mengakibatkan timbulnya biaya-biaya yang tidak perlu. Namun harus disadari bahwa timbulnya biaya-biaya yang tidak perlu didalam suatu desain bukan mencerminkan tingkat kemampuan profesional seorang perencana, tetapi lebih merupakan masalah manajerial (Zimmerman, 1982).

Secara umum, *VE* (*value engineering*) dapat diterapkan pada semua

jenis proyek yakni mulai dari gagasan awal hingga menjadi kenyataan atau disebut “daur hidup proyek konstruksi” (*the life cycle of construction project*) dimana pada setiap tahapannya adalah saling berhubungan, yaitu:

1. Konsep Dan Sudi Kelayakan (*Concept And Feasibility Studies*)
2. Rekayasa dan desain (*engineering and design*)
3. Pengadaan (*procurement*)
4. Kontruksi (*Construction*)
5. Memulai dan penerapan (*start up and implemenation*)
6. Operasi dan pemanfaatan (*operation or utilization*)

Setiap tahap diatas berhubungan satu sama lain, besarnya waktu dalam prosentase yang dibutuhkan masing-masing tahap tergantung jenis proyek yang dikerjakan.

Secara teoritis program *VE* dapat diaplikasikan pada setiap tahap sepanjang waktu berlangsungnya proyek tetapi lebih efektif bila program *VE* sudah diaplikasikan pada saat tertentu dalam tahap perencanaan untuk menghasilkan penghematan potensial yang sebesar-besarnya. Secara umum untuk mendapatkan penghematan potensial maksimum, pererapan *VE* harus dimulai sejak dini pada tahap konsep dan secara continue hingga selesainya perencanaan. Semakin lama saat menerapkan program *VE*, nilai penghematan akan semakin kecil. Sedangkan biaya yang diperlukan untuk mengadakan perubahan akibat adanya *VE* semakin besar. Pada suatu saat potensi penghematan dan biaya perubahan akan mencapai titik impas (*break even point*), yang berarti tidak ada penghematan yang dapat dicapai (*D. Mile, Lawrence, 1972*).

## 2.6 Rencana Kerja Rekayasa Nilai

Rencana kerja *Value Engineering* merupakan suatu studi untuk mengidentifikasi biaya yang tidak berguna dan mencoba menghilangkan dengan menampilkan ide-ide baru yang berkaitan dengan struktur tersebut dengan fungsi yang sama.

Keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan digunakannya rencana kerja *Value Engineering* :

1. Tujuan dapat dijabarkan secara singkat

Dengan digunakannya rencana kerja *Value Engineering* dapat mengidentifikasi keperluan proyek dan menilai sesuai dengan fungsinya.

2. Pendekatan yang terorganisir

Melalui rencana kerja *Value Engineering*, maka *Value Engineering* studi dapat diorganisir.

3. Rencana kerja dapat meminimumkan bagian-bagian yang memiliki biaya tinggi.

4. Bagian yang memerlukan biaya besar dapat diidentifikasi dengan menggunakan rencana kerja dan diusahakan dari biaya yang besar itu dapat ditekan.

5. Rencana kerja membantu orang berpikir secara mendalam

Dengan rencana kerja *Value Engineering*, orang dapat diberi motivasi untuk menampilkan beberapa ide, dapat membuat perbandingan secara terperinci dari ide-ide tersebut.

6. Rencana kerja merupakan suatu pendekatan yang objektif

Rencana kerja *Value engineering* membantu untuk melihat secara objektif suatu proyek.

Tahap-tahap rencana kerja Value Engineering yang dipakai pada tugas akhir ini terdiri dari empat tahap, yaitu: (*Dell'Isola*).

- a. Tahap Informasi
- b. Tahap Kreatif
- c. Tahap Analisa
- d. Tahap Rekomendasi/Penyajian dan Program Tindak Lanjut

### **2.6.1 Tahap Informasi**

Tahap informasi dari proses *Value Engineering* meliputi merumuskan masalah, mengumpulkan fakta, mengenal objek (produk) dengan mengkaji fungsi dan mencatat biaya.

Menurut (*Tjaturuno, 2006*) dalam tahap informasi terlebih dahulu mengetahui latar belakang untuk mendapatkan semua fakta yang dapat menentukan biayanya, mengumpulkan seluruh informasi tentang objek Rekasaya Nilai.

Tujuan dari tahap informasi adalah :

- Memperoleh pertimbangan yang mendalam mengenai sistem, struktur atau item-item yang dipelajari
- Menentukan masalah nilai melalui deskripsi fungsi dan taksiran biaya untuk menjalankan fungsi dasar

*Out put* pada tahap informasi adalah perkiraan biaya untuk melakukan fungsi dasar. Perkiraan biaya fungsi dasar ini kemudian dibandingkan dengan taksiran bagian dari seluruh bagian. Bila biaya seluruh bagian jauh melebihi

biaya fungsi dasar, kemungkinan besar peningkatan nilai bisa dilakukan.

### **2.6.2 Tahap Spekulasi/Kreatifitas**

Pada tahapan ini ide-ide diproduksi dan dilakukan pemikiran terhadap alternatif-alternatif lain yang dapat memenuhi kegunaan atau fungsi yang sama. Ketidakmampuan untuk menghasilkan ide baru adalah salah satu penyebab utama biaya tak perlu. Alternatif yang diusulkan mungkin dapat diperoleh dari usaha pengurangan komponen, penyederhanaan, atau modifikasi dengan tetap mempertahankan fungsi utama obyek. Dalam tahap spekulasi ini juga dipraktekkan penggunaan imajinasi dan pemunculan ide-ide baru yang mungkin tanpa memikirkan aspek kepraktisan maupun tingkat kesulitan dalam implementasinya. Ide-ide dan gagasan dapat diperoleh dari personil yang bekerja langsung di lapangan, dari vendor, ataupun dari pihak perencana. Tujuannya adalah untuk mendengar dan mencatat pertanyaan, ide atau pemikiran yang berkembang sebanyak mungkin, untuk kemudian menganalisisnya.

Dalam tahap kreatif ini, pembuatan ide dapat dikembangkan lebih luas dengan melakukannya dalam sebuah kelompok yang anggotanya dari bidang kerja yang berbeda. Dalam kelompok tersebut dipraktekkan apa yang dikenal sebagai brainstorming (pemunculan ide hasil pemikiran secara bebas).

Berlaku peraturan :

- Mengutarakan ide sebebaskan mungkin
- Tidak mengkritik suatu usulan atau pendapat
- Mendorong adanya ide-ide yang diluar kebiasaan atau tidak konvensional

Berikut ini beberapa pertanyaan kreatif yang mungkin muncul, sebagai berikut

:

- Apakah bagian tersebut benar-benar diperlukan?
- Dapatkah digunakan material yang tidak terlalu mahal?
- Apakah telah ditemukan proses atau cara baru yang lebih ekonomis untuk mengerjakan bagian-bagian objek?
- Sudahkah diusahakan penyederhanaan?

### **2.6.3 Tahap Analisa**

Pemilihan alternatif proyek hampir selalu berkaitan dengan penentuan layak tidaknya suatu alternatif proyek dilakukan dan menentukan yang terbaik dari alternatif-alternatif yang tersedia. Tujuan dalam memilih alternatif adalah untuk mendapatkan hasil yang optimal, oleh karena itu kriteria pemilihan akan dipengaruhi oleh situasi alternatif yang akan dipilih (*Pujawan, 1995*)

Menurut (*Pujawan, 1995*) prosedur pengambilan keputusan pada permasalahan-permasalahan ekonomi teknik adalah sebagai berikut :

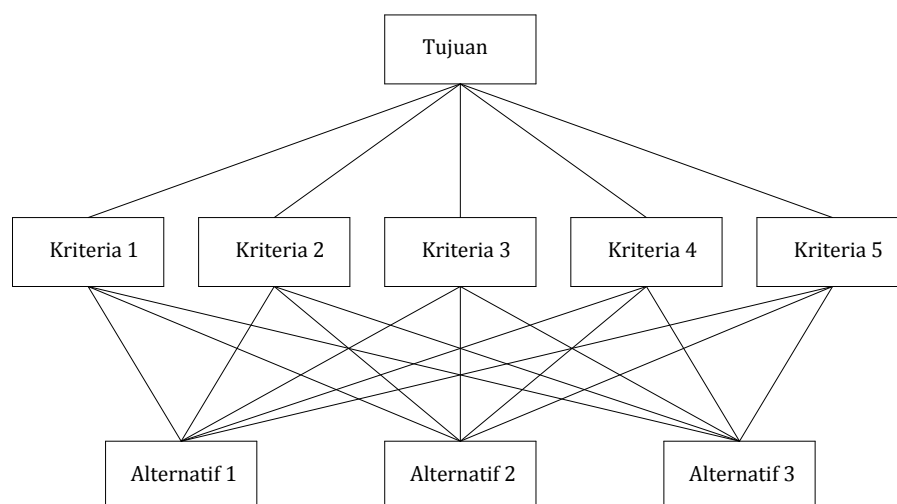
- Mengenali masalah yang terjadi
- Menentukan tujuan perencanaan yang digunakan sebagai dasar dalam membandingkan alternatif
- Mengidentifikasi alternatif-alternatif yang layak
- Menyeleksi alternatif-alternatif dengan ukuran teknik yang dipilih
- Melakukan analisa dari setiap alternatif
- Memilih alternatif yang baik dari analisa tersebut

Persoalan pengambilan keputusan pada dasarnya bentuk pemilihan dari berbagai alternatif keputusan yang mungkin dipilih dimana prosesnya melalui mekanisme tertentu, dengan harapan akan menghasilkan sebuah keputusan

yang terbaik.

➤ Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

*Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Menurut Saaty (1993), hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis.



**Gambar 2.1** Penyusunan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)



AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut (Saaty, 1993):

- 1) Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
- 2) Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.
- 3) Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Prosedur dalam menggunakan metode AHP terdiri dari beberapa tahap yaitu :

- 1) Menyusun hirarki dari permasalahan yang dihadapi. Penyusunan hirarki yaitu dengan menentukan tujuan yang merupakan sasaran sistem secara keseluruhan pada level teratas. Level berikutnya terdiri dari kriteria-kriteria untuk menilai atau mempertimbangkan alternatif-alternatif yang ada dan menentukan alternatif-alternatif tersebut. Setiap kriteria dapat memiliki sub kriteria dibawahnya dan setiap kriteria dapat memiliki nilai intensitas masing-masing.
- 2) Menentukan prioritas elemen dengan langkah-langkah sebagai berikut :
  - a) Membuat perbandingan berpasangan. Langkah pertama dalam menentukan prioritas elemen adalah membuat perbandingan berpasangan, yaitu membandingkan elemen secara berpasangan

sesuai kriteria yang diberikan. Untuk perbandingan berpasangan digunakan bentuk matriks. Matriks bersifat sederhana, berkedudukan kuat yang menawarkan kerangka untuk memeriksa konsistensi, memperoleh informasi tambahan dengan membuat semua perbandingan yang mungkin dan menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk merubah pertimbangan. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan, dimulai dari level paling atas hirarki untuk memiliki kriteria misalnya C, kemudian dari level dibawahnya diambil elemen-elemen yang akan dibandingkan, missal A1, A2, A3, A4, A5, maka susunan elemen-elemen pada sebuah matriks seperti pada tabel 2.3

**Tabel 2.3 Matriks perbandingan berpasangan**

<b>Kriteria</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Bobot</b>
<b>A</b>	1						
<b>B</b>		1					
<b>C</b>			1				
<b>D</b>				1			
<b>E</b>					1		
<b>F</b>						1	

b) Mengisi matriks perbandingan berpasangan

Untuk mengisi matrik perbandingan berpasangan yaitu dengan menggunakan bilangan untuk merepresentasikan kepentingan relatif dari satu elemen terhadap elemen lainnya yang dimaksud

dalam bentuk skala dari 1 sampai dengan 9. Skala ini mendefinisikan dan menjelaskan nilai 1 sampai 9 untuk pertimbangan dalam perbandingan berpasangan elemen pada setiap level hirarki terhadap suatu kriteria di level yang lebih tinggi. Apabila suatu elemen dalam matrik dan dibandingkan dengan dirinya sendiri, maka diberi nilai 1. Jika  $i$  dibanding  $j$  mendapatkan nilai tertentu, maka  $j$  dibanding  $i$  merupakan kebalikkannya. Pada tabel 2.4 memberikan definisi dan penjelasan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai tingkat kepentingan suatu elemen dengan elemen lainnya.

**Tabel 2.4 Skala kuantitatif dalam mendukung keputusan**

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
9	Satu elemen mutlak penting dari elemen yang lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara 2 nilai pertimbangan yang berdekatan	Niali ini diberikan bila ada kompromi diantara 2 pilihan
Kebalikan	Jika aktifitas i mendapatkan satu angka dibanding aktifitas j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i	

3) Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya.

Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.

4) Mengulangi langkah 2 dan 3 untuk seluruh tingkat hirarki.

5) Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan, yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan. Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata.

6) Memeriksa konsistensi hirarki. Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat indeks konsistensi. Konsistensi yang

diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10 persen.

Evaluasi dilaksanakan untuk menentukan dari sejumlah pilihan yang terbaik untuk dipelajari lebih lanjut dan yang memberikan potensi terbesar untuk pengurangan biaya (Iskandar, 2011).

Adapun teknik yang digunakan pada tahap analisa ini adalah :

- Memberikan tanda disetiap alternatif
- Menyusun alternatif berdasarkan peringkatnya
- Membandingkan keuntungan dan kerugian dari setiap alternatif yang dinilai
- Menyempurnakan alternatif yang ada
- Memilih alternatif untuk perkembangan selanjutnya

Oleh karena itu pada tahap ini dilakukan analisa dengan konsep konvergensi untuk mendapatkan alternatif terbaik.

Tahap dari analisa ini adalah :

- Memperkirakan nilai rupiah dari setiap alternatif
- Mengevaluasi dan menguji alternatif yang dihasilkan pada tahap spekulasi
- Menentukan salah satu alternatif yang memberikan kemampuan penhematan biaya terbesar dengan mutu, penampilan dan reabilitas yang terjamin.

#### **2.6.4 Tahap Rekomendasi/Penyajian dan Program Tindak Lanjut**

Ini adalah tahap akhir proses Rekayasa Nilai, yang terdiri dari persiapan dan penyajian kesimpulan hasil Rekayasa Nilai kepada yang berkepentingan. Laporan hanya menyetengahkan fakta dan informasi untuk mendukung argumentasi. Semua varians aspek teknik dan biaya desain semula dibandingkan hasil Rekayasa Nilai dipaparkan dengan jelas. Jadi, laporan akhir akan berisi sebagai berikut :

- Identitas objek atau proyek
- Penjelasan fungsi masing-masing komponen dan keseluruhan komponen, sebelum dan sesudah dilakukan Rekayasa Nilai
- Perubahan desain (pengurangan, peningkatan) yang diusulkan
- Total penghematan biaya yang akan diperoleh

Disamping hal-hal diatas, sering pula diperlukan keterangan teknis bahwa kinerja proyek secara keseluruhan (bukan hanya objek yang sedang dikaji) tidak akan tergantung oleh perubahan sebagai dampak Rekayasa Nilai.

### **2.7 Perhitungan Analisa Biaya**

#### **2.7.1 Harga Satuan Pekerjaan**

Harga satuan pekerjaan merupakan jumlah harga bahan dan tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisa. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu bahan yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah berbeda-beda, jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan harus perpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan.

Sebelum menghitung dan menyusun harga satuan pekerjaan seorang harus mampu menguasai pemakaian analisa BOW (*Burgelijke Openbare Werken*), yaitu ketentuan dan ketetapan umum yang ditetapkan pada tanggal 28 februari 1921 No. 5327 saat pemerintahan belanda.

Analisa bow hanya dapat dipergunakan untuk pekerjaan pada karya yang memakai peralatan konvensional. Sedangkan bagi pekerjaan yang menggunakan peralatan modern/alat berat, analisa BOW tidak dapat dipergunakan, namun analisa masih dapat dipergunakan sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya bangunan.

### **2.7.2 Analisa Upah dan Bahan**

Analisa upah dan bahan dalam suatu pekerjaan adalah merupakan perhitungan banyaknya volume masing-masing bahan, serta biaya yang dibutuhkan. Sedangkan yang dimaksud analisa upah adalah menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan serta biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut. Sebagai sumber harga satuan dan upah yang dipasaran, tempat lokasi pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Perhitungan pada analisa bahan dan upah harus dilakukan dengan teliti agar didapat harga satuan pekerjaan yang tepat.

## **2.8 Rencana Anggaran Biaya**

### **2.8.1 Pengertian**

Perencanaan anggaran biaya merupakan bagian terpenting dalam menyelenggarakan pembuatan bangunan atau proyek. Membuat anggaran biaya berarti menganalisis atau memperkirakan harga dari suatu barang, bangunan atau benda yang akan dibuat seteliti mungkin cermat dan memenuhi

persyaratan.

Rencana anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan biaya yang dikeluarkan atau diselenggarakan dalam suatu dengan prinsip yang efektif dan efisien serta aman. Rencana anggaran biaya suatu proyek untuk suatu bangunan yang sama kemungkinan akan berbeda dimasing-masing tempat karena tiap tempat atau daerah memiliki harga bahan dan upah yang berbeda.



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian Rekayasa Nilai dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Kampus III Universitas Brawijaya Malang.

#### **3.2 Proses Penelitian**

Adapun tahapan dalam penelitian Rekayasa Nilai pada Proyek Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang sebagai berikut :

##### **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 pustaka, internet, peraturan-peraturan, Departemen Pekerjaan Umum dan peraturan-peraturan lainnya yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan tabahan pengetahuan.

##### **3.2.2 Data penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu :

a) Data primer

Data primer merupakan sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara). Data primer dapat berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan, dan hasil pengujian.

b) Data sekunder

Data sekunder adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisa Rekayasa Nilai. Data sekunder, diantaranya data mengenai daftar harga satuan dan analisa pekerja, data bahan atau material bangunan yang digunakan, data alat-alat berat, peraturan-peraturan bangunan gedung dari Departemen Pekerjaan Umum dan data-data lainnya yang dapat dijadikan referensi dalam menganalisa Rekayasa Nilai, dan Studi literatur (diktat, jurnal, *hand book*) serta penelitian Rekayasa Nilai sebelumnya.

### **3.2.3 Metode pengumpulan data**

Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara :

a) Metode pengambilan data primer

Yaitu metode dengan cara melakukan survey langsung pada konsultan maupun pelaksana yang menangani proyek tersebut. Selain itu peneliti juga melakukan obresvasi langsung kelokasi proyek tersebut

b) Metode pengambilan data sekunder

Yaitu metode dengan cara melakukan survey langsung pada instansi- instansi atau perusahaan-perusahaan yang dianggap berkepentingan,

meliputi konsultan, kontraktor pemborong, instansi yang menangani masalah jasa dan konstruksi bangunan.

### **3.2.4 Analisa Data**

Dari data-data yang telah dikumpulkan dilakukan analisa Rekayasa Nilai untuk menghasilkan adanya suatu penghematan biaya atau *saving cost*. Analisa Rekayasa Nilai dilakukan empat tahap, yaitu :

#### **3.2.4.1 Tahap Informasi**

Dalam tahap ini, mengumpulkan informasi proyek maupun data-data yang diperlukan berupa :

##### 1) Deskripsi Proyek

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang

Lokasi : Kampus III Universitas Brawijaya Kawasan Puncak Dieng Malang

Kontraktor Pelaksana : PT. WIDYA SATRIA

Konsultan Pengawas : CV. KOSA MATRA GRAHA

Konsultan Perencana : PT. TISAGA Consultant

2) Data primer merupakan sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara).

3) Data sekunder adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisa Rekayasa Nilai.

#### 4) Breakdown Cost Model

Pada model ini sistem dipecahkan dari elemen tertinggi sampai elemen terendah, dengan mencantumkan biaya untuk melukiskan distribusi pengeluaran. Selain biaya nyata yaitu biaya dari hasil desain yang tidak ada, dicantumkan juga nilai manfaat, yang merupakan hasil estimasi tim Rekayasa Nilai berupa biaya terendah untuk memenuhi fungsi dasar.

**Tabel 3.1 Breakdown Biaya**

No.	Item Pekerjaan	Biaya		Komulatif	
		(Rp)	(%)	(Rp)	(%)

#### 5) Analisa Fungsi

Analisa fungsi bertujuan untuk:

- a. Mengklasifikasikan fungsi-fungsi utama (basic function) maupun fungsi-fungsi penunjang (secondary function)
- b. Mendapatkan perbandingan antara biaya dengan nilai manfaat yang dibutuhkan untuk menghasilkan fungsi tersebut.

**Tabel 3.2 Analisa Fungsi**

No.	Uraian	Kata Kerja	Fungsi Kata Benda	Jenis	Cost (Rp)	Worth (Rp)
	1	2	3	4	5	6
Jenis		B = basic S = Sekunder		Σ		

Analisa fungsi dilakukan dengan membuat tabel atau format analisa fungsi sebagai berikut:

Keterangan:

Kolom 1: Daftar semua uraian subitem yang terdapat dalam bagian yang kita tinjau.

Kolom 2: Definisi tindakan atau fungsi dari subitem dalam kata kerja aktif.

Kolom 3: Definisi kata benda dari fungsi yang ditinjau.

Kolom 4: Penggolongan jenis fungsi, dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

- Fungsi utama "P" (Primer)
- Fungsi sekunder "S" (Sekunder)

Kolom 5: Biaya yang diperkirakan (Estimate Cost) dari setiap fungsi, baik primer maupun sekunder.

Kolom 6: Biaya terendah yang diperlukan untuk bisa memenuhi fungsi yang diinginkan.

Nilai cost didapat dari rencana biaya existing

Nilai worth didapat dari biaya terkecil (minimum) untuk menjalankan fungsi dasar dengan cara yang paling sederhana, berdasarkan teknologi yang ada. (Tjaturono, 2007:37)

Penentuan cost/worth ratio

Cost/Worth jika  $> 1$  layak untuk di Rekasaya Nilai

#### **3.2.4.2 Tahap Spekulasi/Kreatifitas**

Tahap kreatif Rekasaya Nilai adalah melakukan eksplorasi ide – ide dan gagasan alternatif. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah teknik *Brainstoming*, yaitu salah satu teknik penyelesaian masalah dengan cara diskusi bersama dalam sebuah tim. Prinsip dasar dari teknik ini adalah :

- Kuantitas ide lebih diutamakan.
- Dilakukan kombinasi dan improvisasi ide.
- Semua ide ditampung tanpa dilakukan pengkritisan atau evaluasi terhadap ide yang ada.

**Tabel 3.3 Form Pengumpulan Alternatif Item Kerja**

Tahap Kreatif Pengumpulan Alternatif	
Proyek :	
Lokasi :	
Item :	
Fungsi :	
Desain Original :	
No.	Alternatif

### **3.2.4.3 Tahap Analisa**

Pada tahap ini ide-ide yang muncul pada tahap spekulasi dianalisis dan dikritik, dilakukan evaluasi terhadap setiap ide yang tertampung pada tahap spekulasi untuk melihat apakah ide tersebut bisa untuk dikembangkan lebih lanjut dan direkomendasi sebagai hasil yang member nilai tambah.

Analisa ini dilakukan dengan analisa keuntungan dan kerugian yang mana pada tahap analisis ini mempunyai tujuan untuk memperoleh dan mendapatkan alternatif yang terbaik dari ide-ide atau gagasan-gagasan yang muncul pada tahap spekulasi.

#### **3.2.4.3.1 Analisa Keuntungan dan Kerugian**

Analisa Keuntungan dan kerugian merupakan tahap penyaringan yang paling kasar diantara metode penilaian yang dipakai dalam tahap penilaian

**Table 3.4 Analisa Keuntungan dan Kerugian**

No	Ide yang dipilih	Keuntungan	Kerugian
1.			
2.			
3.			

### **3.2.4.3.2 Pengukuran Alternatif dan Penilaian Alternatif**

Pengukuran dan penilaian alternatif dilakukan berdasarkan gabungan kriteria biaya dan kriteria non biaya.

#### **1. Analisa Penilaian dengan kriteria Biaya (LCC)**

*Life Cycle Cost* dari item yang diperhitungkan selama masa investasi dengan dari seluruh biaya-biaya yang relevan dengan item tersebut berdasar pada pertimbangan *time value of money*.

Biaya-biaya yang relevan atau biaya yang dikeluarkan selama masa investasi antara lain :

- 1) *Initial cost* yang merupakan biaya awal yang dikeluarkan pada saat pelaksanaan konstruksi. Untuk *initial cost* diambil dari analisa biaya desain awal dengan harga satuan sesuai peraturan pemerintah setempat
- 2) *Operational* merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan karena pemakaian tenaga kerja
- 3) *Maintenance* merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan sesuai rencana selang waktu tertentu untuk penggantian item. *Cost maintenance* merupakan hal yang spesifik tapi bukan prioritas tertinggi
- 4) *Replacement* merupakan biaya penggantian atas suatu item dimana diluar yang kita rencanakan harus diganti. Pada saat masa investasi diasumsikan



tidak diadakan penggantian-penggantian

- 5) *Energy cost* adalah biaya yang keluar akibat pemakaian daya/*energy*
- 6) Nilai sisa merupakan harga yang ada pada saat penghabisan masa investasi (termasuk biaya pemindahan). Diasumsikan bahwa setelah habis masa investasi tidak terdapat nilai sisa karena item yang dianalisa diasumsikan tidak dijual lagi.

## 2. Analisa Penilaian dengan kriteria non Biaya (MDCM)

Salah satu bentuk dari analisa ide-ide kreatif ini membahas penilaian dengan sangat subjektif karena sulit untuk mendapatkan nilai yang ideal. Oleh karena itu diperhitungkan peringkat alternatif dari struktur yang akan digunakan. Aspek yang diperhitungkan :

**Tabel 3.5 Perhitungan kriteria terhadap tujuan**

No	Aspek	Uraian
A	Estetika	Keindahan
B	Pelaksanaan dilapangan	Kemudahan dalam pelaksanaan
C	Keawetan	Ketahanan material
D	Pengawasan mutu	Mutu bahan konstruksi
E	Kekuatan	Kekuatan struktur balok dan kolom
F	Biaya	Mahal dan Murah

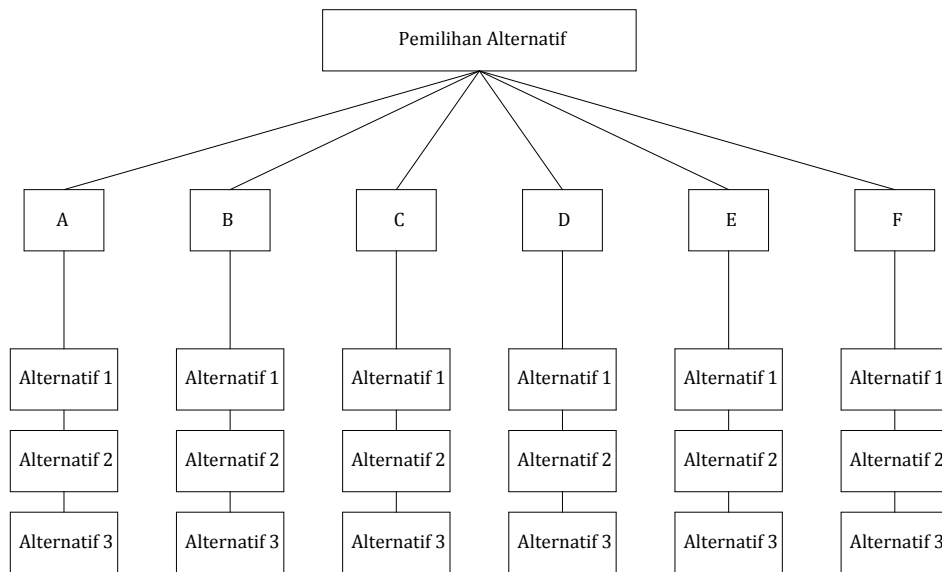
Selanjutnya mencari bobot dari masing-masing kriteria dengan menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) :

### 1) *Analytical Hierarchy Process*

Penentuan bobot kriteria menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), karena *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah sebuah

hierarkhi fungsional dengan input utamanya persepsi manusia. AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. AHP dapat memecahkan masalah yang kompleks dengan penggunaan aspek atau kriteria yang diambil cukup banyak dan juga kompleks. Ini disebabkan oleh struktur masalah yang belum jelas ketidakpastian persepsi pengambilan keputusan serta ketidakpastian tersedianya data statistik yang akurat atau bahkan tidak ada sama sekali. AHP mampu menganalisa tujuan maupun alternatif yang bersifat kualitatif. Tujuan utama AHP adalah untuk memutuskan kasus multi kriteria dengan menggabungkan faktor kualitatif dan kuantitatif di dalam keseluruhan evaluasi alternatif-alternatif yang ada guna memenuhi tujuan dari permasalahan yang dihadapi. Pada dasarnya langkah-langkah dalam AHP meliputi :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hierarkhi yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan subtujuan-subtujuan, kriteria dan kemungkinan alternatif-alternatif pada tingkatan kriteria yang paling bawah.



**Gambar 3.1 Penyusunan Analytical Hierarchy Procces (AHP)**

3. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya. Perbandingan dilakukan berdasarkan “*judgement*” dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Penentuan prioritas (Tabel 3.3), menurut Thomas L. Saaty (1993) dengan menetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai perbandingan.

**Tabel 3.6 Skala kuantitatif dalam mendukung keputusan**

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek
9	Satu elemen mutlak penting dari elemen yang lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara 2 nilai pertimbangan yang berdekatan	Niali ini diberikan bila ada kompromi diantara 2 pilihan
Kebalikan	Jika aktifitas i mendapatkan satu angka dibanding aktifitas j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i	

4. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh *judgement* seluruhnya sebanyak  $n \times [(n-1)/2]$  buah, dengan  $n$  adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.

- Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya, jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi dengan cara iterasi.

**Tabel 3.7 Matriks perbandingan berpasangan**

Kriteria	A	B	C	D	E	F	Bobot
A	1						
B		1					
C			1				
D				1			
E					1		
F						1	

Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai vektor eigen merupakan bobot setiap elemen. Langkah ini untuk mensintesis penilaian (*judgement*) dalam penentuan skala prioritas pada tingkat hierarkhi terendah sampai pencapaian tujuan.

- Memeriksa konsistensi hierarkhi, jika nilainya lebih dari 10% maka penilaian (*judgement*) data harus diperbaiki.

**Tabel 3.8 Metode *Analytical Hierarchy Process* untuk menentukan bobot**

Kriteria	No	Kriteria						Total	Bobot
		A	B	C	D	E	F		
Estetika	A								
Pelaksanaan dilapangan	B								
Keawetan	C								
Pengawasan mutu	D								
Kekuatan	E								
Biaya	F								

**Tabel 3.9 Analisa Pengambilan Keputusan**

No	Alternatif	Bobot kriteria						Total	Rangking	Pilih
		A	B	C	D	E	F			
1.										
2.										
3.										

Kriteria yang dinilai :

A : Estetika	4 = Sangat Baik	3 = Indah
	2 = Cukup indah	1 = jelek
B : Pelaksanaan dilapangan	4 = Mudah	3 = Cukup mudah
	2 = Cukup sulit	1 = Sulit
C : Keawetan	4 = Sangat awet	3 = Awet
	2 = Cukup awet	1 = tidak awet
D : Pengawasan mutu	4 = Mudah	3 = Cukup mudah
	2 = Cukup sulit	1 = Sulit
E : Kekuatan	4 = Sangat kuat	3 = Kuat
	2 = Cukup kuat	1 = Tidak kuat
F : Biaya	4 = Lebih murah	3 = Murah
	2 = Mahal	1 = Sangat mahal

#### **3.2.4.4 Tahap Penyajian dan Tindak Lanjut**

Ini adalah tahap akhir dari proses Rekayasa Nilai, yang terdiri dari persiapan dan penyajian kesimpulan hasil Rekayasa Nilai kepada pihak yang berkepentingan. Laporan hanya mengetengahkan fakta dan informasi untuk mendukung argumentasi. Semua varian aspek teknik dan biaya desain semula dibandingkan hasil Rekayasa Nilai dipaparkan dengan jelas.

### 3.3 Teori Dasar StaadPro (*Structure Analysis and Design Profesional*)

Program StaadPro merupakan generasi terbaru dari program Staad III. Permodelan struktur dan perhitungan program bantu ini memakai metode elemen (*finite element method*) hingga yang bekerja berdasar pada suatu konsep dimana suatu kontinum dibagi menjadi beberapa elemen yang lebih kecil yang disebut elemen hingga. Elemen-elemen tersebut dihubungkan dengan satu atau lebih titik simpul (*node/joint*) dan membentuk sebuah geometri struktur.

Analisa statis dari struktur meliputi penyelesaian dari system linier yang secara umum berbentuk :  $[K][U] = [R]$

Dimana :  $[K]$  = matrik kekekakuan bahan

$[U]$  = vector dari perpindahan titik simpul (*joint*)

$[R]$  = vector pembebanan

### 3.4 Input StaadPro

Secara garis besar input StaadPro dapat dibagi menjadi beberapa item dasar yang paling signifikan yang dapat langsung diinputkan melalui editor program yaitu :

#### 1) *Geometri*

*Joint coordinates*

Digunakan untuk mendefinisikan koordinat dari tiap-tiap struktur

*Member incidences*

Batang/member yang terdiri dari dua titik/joint yang saling berhubungan

#### 2) *User steel table specification*

Pemilihan profil baja sesuai kebutuhan perencana dengan pemakaian

perintah user table. Penjelasan untuk parameter jenis profil baja (*section type*) General untuk profil yang tidak umum dipakai :

$A_x$  = luas penampang

$A_y$  = penampang geser searah sumbu lokal Y

$A_z$  = penampang geser searah sumbu lokal Z

$I_x$  = konstanta momen torsi

$I_y$  = momen inersia searah sumbu lokal Y

$I_z$  = momen inersia searah sumbu lokal Z

### 3) *Material constant*

Perintah ini digunakan untuk mendefinisikan konstanta material penampang batang/member yang akan dianalisis. Data ini diperlukan untuk pembentukan matrik massa pada analisa dinamik.

Meliputi konstanta-konstanta :

$E$  : modulus elastisitas material

*Poisson ratio* : perbandingan perubahan kearah samping

*Density* : berat jenis material/bahan

*Alpha* : koefisien pemuaian

### 4) *Support*

Digunakan untuk menentukan jenis perletakan pada struktur yang akan dianalisis, yaitu :

a. *Pined* adalah menunjukkan jenis tumpuan sendi

b. *Fixed* adalah menunjukkan jenis tumpuan jepit

c. *Fixed but* adalah menunjukkan jenis tumpuan rol



### 5) *Load* (pembebanan)

Jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur dapat kita inputkan sesuai macam dan arahnya juga, misalnya : beban mati, beban hidup, beban gempa dan sebagainya. Dengan menggunakan metode analisis ragam respons spectrum, perhitungan ragam respon untuk struktur gedung tidak beraturan dapat dilakukan dengan metode Kombinasi Kuadratik Lengkap (*Complete Quadratic Combination* atau *CQC*), atau dengan metode Akar Jumlah Kuadrat (*Square Root of Sum of Squares* atau *SRSS*).

### 6) *Load combination*

7) Untuk menentukan kombinasi pembebanan sesuai peraturan yang berlaku dan dapat di running langsung nantinya didalam program.

## **3.5 Output StaadPro**

Keseluruhan dari hasil analisa struktur StaadPro setelah di running dapat ditampilkan sedemikian hingga sesuai dengan kebutuhan perencana. Namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu perjanjian tanda pada diagram output StaadPro. Positif menandakan diatas garis dan negatif menandakan dibawah garis, kecuali pada gaya aksial yang menandakan bahwa positif elemen mengalami gaya tekan dan negatif elemen mengalami gaya tarik.

## **3.6 Struktur Baja**

Salah satu tahapan penting dalam perencanaan suatu struktur bangunan adalah pemilihan jenis material yang akan digunakan. Jenis-jenis material yang selama ini dikenal dalam dunia konstruksi antara lain adalah baja, beton bertulang serta kayu. Material baja sebagai bahan konstruksi telah digunakan sejak lama mengingat beberapa keunggulan dibandingkan material

lain. Beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi antara lain :

- 1) Mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga dapat mengurangi ukuran struktur. Hal ini cukup menguntungkan struktur-struktur jembatan yang panjang, gedung yang tinggi atau juga bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk.
- 2) Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja jauh lebih seragam/homogen serta mempunyai tingkat keawetan yang jauh lebih tinggi jika prosedur perawatan dilakukan semestinya
- 3) Sifat elastis baja mempunyai perilaku yang cukup dekat dengan asuransi-suransi yang digunakan untuk melakukan analisa, sebab baja dapat berperilaku elastis hingga regangan yang cukup tinggi mengikuti Hukum Hooke. Momen inersia dari suatu profil baja dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dalam proses analisa struktur
- 4) Daktilitas baja cukup tinggi, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik yang cukup besar sebelum terjadi reruntuhan
- 5) Beberapa keuntungan lain pemakaian baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan atas elemen yang satu dengan yang lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses gilas panas menakibatkan baja mudah dibentuk menjadi penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja.

Selain keuntungan-keuntungan yang disebutkan, material baja juga

memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Konstruksi baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air, secara periode harus dicat. Perlindungan terhadap bahaya kebakaran juga harus menjadi perhatian yang serius, sebab material baja akan mengalami penurunan kekuatan secara drastic akibat kenaikan temperatur yang cukup tinggi, disamping itu baja merupakan konduktor panas yang baik, sehingga nyala api dalam suatu bangunan justru dapat menyebar dengan lebih cepat. Kelemahan lain dari struktur baja adalah masalah tekuk yang merupakan fungsi dari kelangsingan dari suatu penampang.

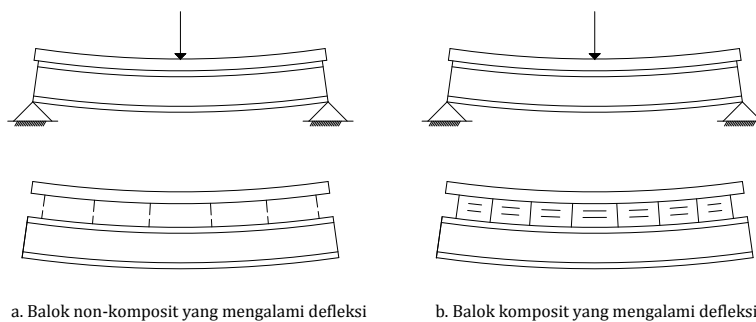
### **3.7 Struktur Baja Profil Wide Flange (komposit pelat)**

Pengertian baja profil WF komposit pelat adalah sistem konstruksi dimana terdapat interaksi dari dua bahan yang tidak sama atau sejenis dan berlainan mutu. Aksi komposit terjadi bila dua batang struktural pemikul beban seperti sistem lantai beton dan balok baja penyangganya digabungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan. Dalam hal ini momen inersia penampang komposit didaerah momem positif balok dapat diambil sebagai niali momen inersia yang berlaku disepanjang bentang balok yang ditinjau. Pada daerah momen negatif balok tegangan tarik pada beton diabaikan dan tulangan longitudinal yang berada dalam daerah efektif pelat beton dianggap mampu memberikan kekuatan untuk menahan momen yang terjadi.

Dalam memahami konsep perilaku komposit pertama-tama perlu diketahui perilaku non komposit dimana gesekan antara plat beton dan balok baja diabaikan, plat dan balok baja masing-masing memikul sebagai beban

secara terpisah. Bila plat mengalami deformasi karena beban vertikal, permukaan bawahnya berada dalam keadaan tarik dan mengalami perpanjangan, sedangkan permukaan atas balok baja tertekan dan mengalami diperpendekan. Dengan demikian terjadi diskontinuitas pada bidang kontakannya. Karena gesekan diabaikan, hanya gaya-gaya internal vertikal saja yang bekerja diantara plat dan balok. Dengan menyelidiki distribusi regangan yang terjadi bila tidak ada interaksi antara plat beton dan balok baja maka momen perlawanan total (M)

$$\sum M = M_{\text{plat}} + M_{\text{balok}}$$



a. Balok non-komposit yang mengalami defleksi

b. Balok komposit yang mengalami defleksi

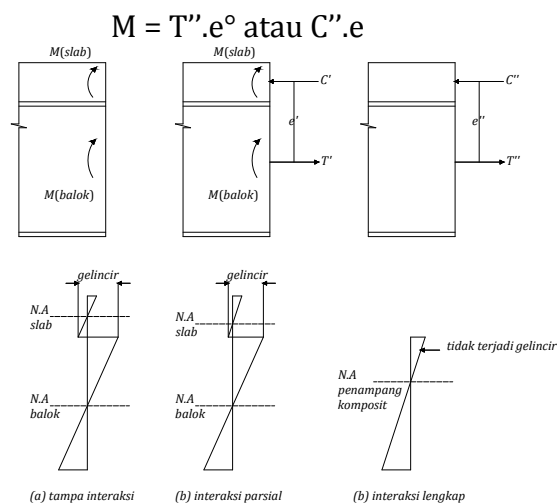
### **Gambae 3.2 Perbandingan antara balok-balok yang mengalami defleksi dengan dan tanpa aksi komposit**

Pada keadaan seperti ini terdapat dua garis netral yaitu satu dititik berat plat dan lainnya dititik berat balok. Gelincir horisontal terjadi karena bagian bawah plat dalam tarik dan bagian atas balok dalam tekan juga terlihat.

Apabila terjadi interaksi parsial sumbu netral plat dan lebih dekat ke balok dan sumbu netral lebih dekat ke plat, sehingga gelincir horizontal menjadi berkurang. Akibat dari interaksi parsial ini adalah terjadinya sebagian gaya tekan dan gaya tarik maksimum C dan T, masing-masing pada plat dan balok baja sehingga momen tahanan pada penampang mengalami

pertambahan sebesar  $T'e'$  atau  $C'e'$ .

Bila suatu sistem bekerja secara komposit penuh diantara plat beton dan balok baja tidak akan terjadi gelincir. Dalam keadaan kondisi terjadilah garis netral tunggal yang terletak diatas garis netral balok dan dibawah garis netral plat. Gaya-gaya tekan dan tarik  $C''$  dan  $T''$  lebih besar daripada  $C'$  atau  $T'$  yang ada pada interaksi parsial. Momen ketahanan dari penampang yang sepenuhnya komposit adalah : (Charles G. Salmon dan John F Johnson, struktur Baja II, hal 579)

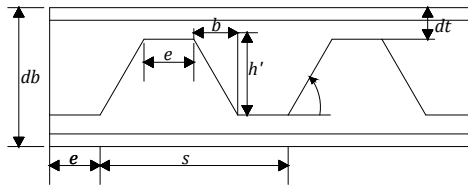


**Gambar 3.3 Variasi regangan pada balok-balok komposit**

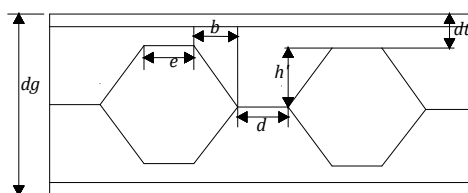
### 3.8 Struktur Baja Profil Castella

Balok Castella dibuat dengan memotong balok profil WF secara zig-zag sepanjang garis netral dengan menggunakan las sepanjang profil baja. Kemudian salah satu dari dua bagian yang sama dibalik dari ujungnya, setengah bagian dari potongan tersebut diputar sampai ujungnya bertemu ujung setengah dari bagian yang lain dan disatukan dengan las menjadi satu profil baja yang lebih tinggi hingga kurang lebih 1,54 kali profil aslinya dan berlubang ditengahnya yang berbentuk seperti sarang tawon. Tinggi profil

balok yang menjadi 1,54 kali profil aslinya kan dapat memberikan modulus section yang lebih besar.



*cut WF beam a long zig-zag line*



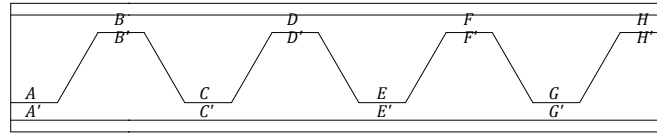
*open-web expanded beam*

**Gambar 3.4 Pola pemotongan profil**

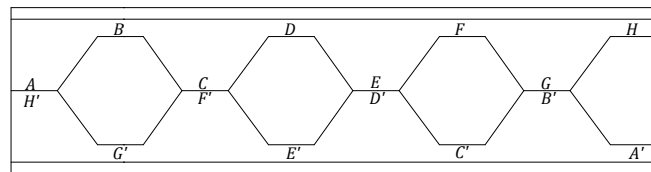
Dengan cara ini hampir tidak ada bahan yang terbuang. Konstruksi menjadi lebih ringan yaitu sekitar 35% lebih ringan dari pada menggunakan profil aslinya sehingga dapat menghemat bahan dan biaya pengangkutan serta biaya pemasangan sehingga dapat menekan biaya proyek secara keseluruhan. Hanya pada waktu pembuatan ada tambahan pekerjaan yaitu pemotongan profil secara zig-zag dan pengelasan untuk penggabungan profil. Penggunaan las yang baik akan menghasilkan kekuatan sambungan yang lebih besar dari material yang disambung. Lubang yang dihasilkan dapat dipakai sebagai tempat memasang saluran AC, pipa listrik dan sebagainya.

Untuk membuat profil Castella (*Castelated Beam*), yaitu dengan cara menumpuk atau menyatukan kembali puncak-puncak potongan profil tunggal tadi dengan las, sehingga didapat profil yang lebih tinggi 1,54 kali dari profil

aslinya dan berlubang ditengah-tengahnya yang menyerupai sarang tawon, untuk lebih jelas lihat gambar 3.4 dan 3.5



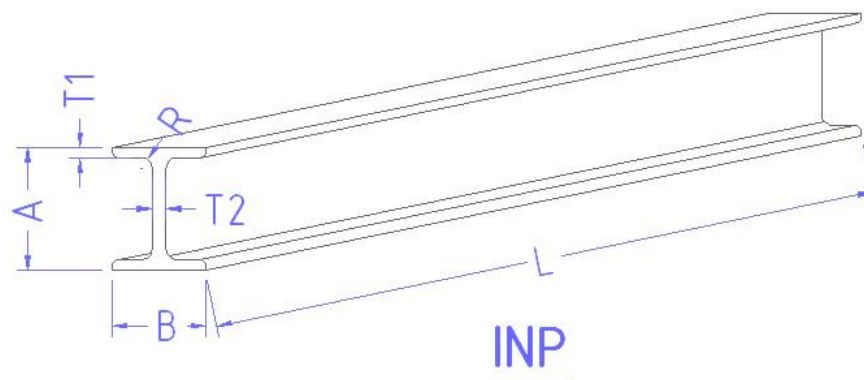
**Gambar 3.5 Pola pemotongan yang benar**



**Gambar 3.6 Pola penyambungan yang benar**

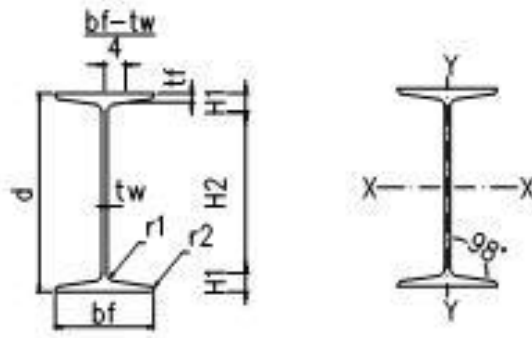
### 3.9 Struktur Baja Profil INP

Baja profil INP yaitu baja berupa batangan (lonjoran) dengan penampang berprofil dengan berbentuk I dengan panjang pada umumnya 6 meter (namun dapat dipesan di pabrik dengan panjang sampai 15 meter)



**Gambar 3.7 Pola Baja Profil INP**

Baja INP memiliki ukuran yang bermacam-macam dan bisa diaplikasikan terhadap item balok atau kolom yang sesuai standarisasi kekuatan, keamanan serta mutu yang diinginkan.



**Gambar 3.8 Detail Profil INP**

### 3.10 Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur masayennya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Dan pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi struktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban dari elemen ke elemen dalam suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku, sedangkan masalah kombinasi dari beban-beban yang bekerja telah diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2 yang akan dibahas kemudian. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain :

- a) **Beban Mati**, adalah berat dari semua bagian suatu gedung/bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur termasuk unsur-unsur tambahan seperti, AC, lampu-lampu, penutup lantai dan plafond. Beberapa contoh berat dari beberapa komponen bangunan penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati suatu gedung diperlihatkan tabel 3.7



**Tabel 3.10 Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung**

<b>Bahan Bangunan</b>	<b>Berat</b>
Baja	7850 Kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara)	2400 kg/m <sup>3</sup>
<b>Komponen Gedung</b>	<b>Berat</b>
Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata merah ½ batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai ubin per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>

*Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*

- b) **Beban Hidup**, adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan suatu gedung termasuk beban ini adalah manusia, perabotan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan, dan barang-barang lain. Karena besar dan lokasi beban yang senantiasa berubah-ubah, maka penentuan beban hidup secara pasti adalah merupakan suatu hal yang cukup sulit. Beberapa contoh beban hidup menurut kegunaan suatu bangunan, ditampilkan dalam tabel 3.8

**Tabel 3.11 Beban Hidup pada Lantai Gedung**

<b>Kegunaan Bangunan</b>	<b>Berat</b>
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m <sup>2</sup>
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang olah raga	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai pabrik, bengkel, gedung perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin, dan lain-lain	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai gedung parkir bertingkat untuk lantai atas	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai gedung parkir bertingkat untuk lantai bawah	800 kg/m <sup>2</sup>

*Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*

c) **Beban Angin**, adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung lokasi dan ketinggian dari struktur. Besarnya tekanan harus diambil minimum 25 kg/m<sup>2</sup>, kecuali untuk bangunan-banguna berikut :

- 1) Tekanan tiup ditepi laut hingga 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m<sup>2</sup>
- 2) Untuk bangunan didaerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40 kg/m<sup>2</sup>, harus diambil sebesar  $P = V^2/16$  (kg/m<sup>2</sup>), dengan V adalah kecepatan angin m/det
- 3) Untuk cerobong, tekanan tiup dalam kg/m<sup>2</sup> harus ditentukan dengan rumus  $(42,5+0,6 h)$ , dengan h adalah tinngi cerobong seluruhnya dalam meter.

Nilai tekanan tiup yang diperoleh dari hitungan diatas harus dikalikan

dengan koefisien angin, untuk mendapatkan gaya resultan yang bekerja pada bidang kontak tersebut.

- d) **Beban Gempa**, adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah oleh gempa bumi, baik pergerakan vertikal maupun horizontal. Namun pada umumnya percepatan tanah arah horizontal lebih besar dari pada arah vertikal, sehingga pengaruh gempa horizontal jauh lebih menentukan daripada gempa vertikal. Besarnya gaya geser dasar (statik ekuivalen) ditentukan berdasarkan persamaan  $V = ((C \times 1)/R) \times W_t$ , dengan C adalah faktor keutamaan gedung, R adalah faktor reduksi gempa yang tergantung pada jenis struktur yang bersangkutan, sedangkan  $W_t$  adalah berat total bangunan termasuk beban hidup yang bersesuaian.

### 3.11 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2 mengenai kombinasi pembebanan, dinyatakan bahwa dalam perencanaan suatu struktur baja haruslah diperhatikan jenis-jenis kombinasi pembebanan sebagai berikut ini :

- a) 1,4 D
- b) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La atau H)
- c) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + ( $\gamma_L \cdot L$  atau 0,8 W)
- d) 1,2 D + 1,3 W +  $\gamma_L \cdot L$  + 0,5 (La atau H)
- e) 1,2 D ± 1,0 F +  $\gamma_L \cdot L$
- f) 0,9 D ± (1,3 W atau 1,0 E)

Dengan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen,

termasuk dinding, lantai atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan layanan tetap

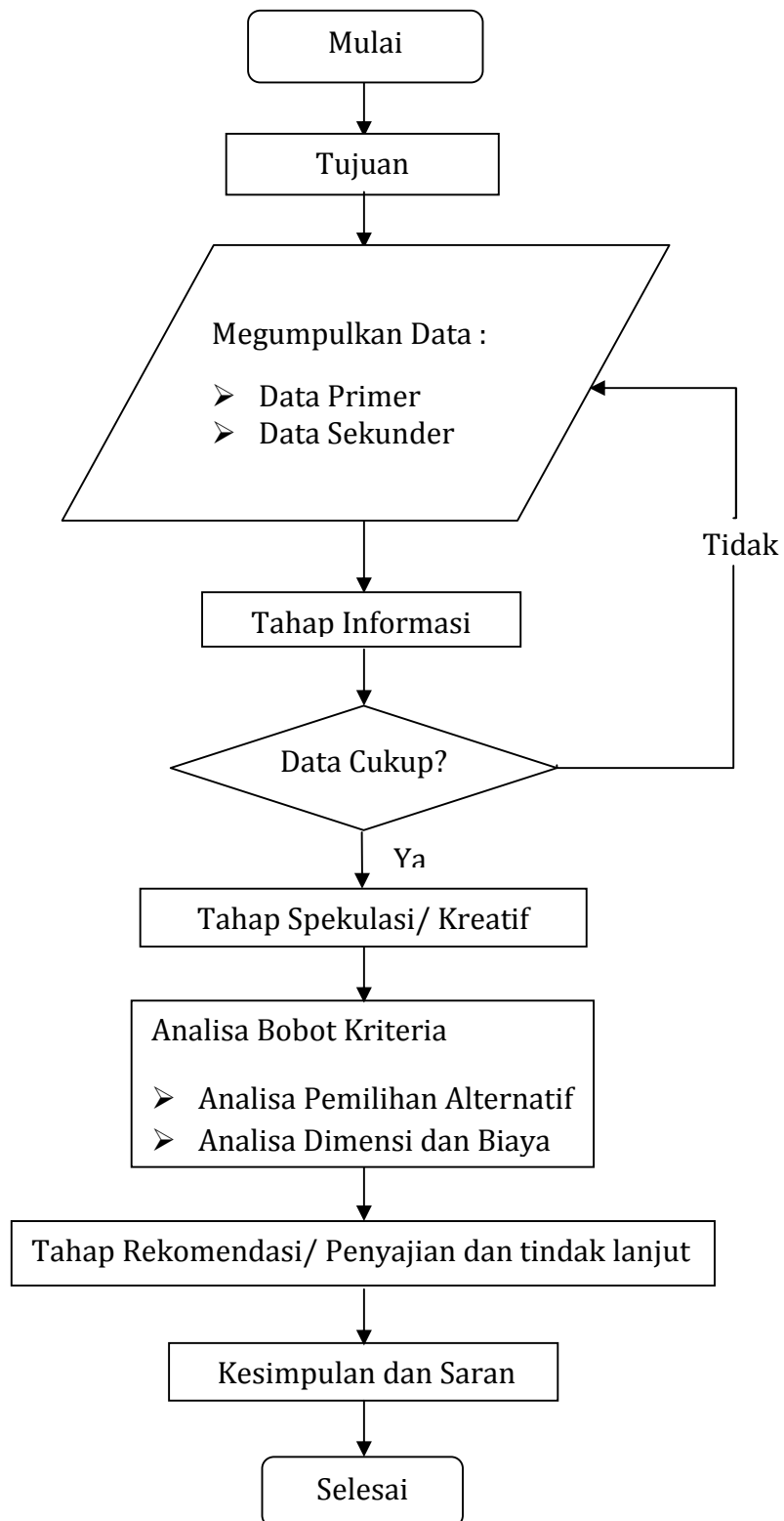
L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung termasuk kejutan, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

H adalah beban hujan, tidak termasuk genangan yang diakibatkan oleh air

W adalah beban angin

E adalah beban gempa yang ditentukan dari peraturan gempa  $\gamma_L = 0,5$  bila  $L < 5$  kPa dan  $\gamma_L = 1$  bila  $L \geq 5$  kPa. Faktor beban untuk L harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum dan semua daerah yang memikul beban hidup lebih besar dari 5 kPa.

### 3.12 Bagan Alir



**Gambar 3.9 Bagan Alir**

## BAB IV

### PENERAPAN REKAYASA NILAI

#### 4.1 Tahap Informasi

Tahap Informasi adalah tahap awal dalam perencanaan rekayasa nilai. Pada tahap ini dilakukan penggalian data informasi sebanyak mungkin mengenai desain perencanaan proyek, mulai dari data umum proyek, hingga pentabulasian data yang berkenaan dengan item pekerjaan, menentukan item pekerjaan studi, mendapatkan item pekerjaan yang akan dilakukan penggalian terhadap alternatif – alternatif pada tahap kreatif dan analisa data pada tahap analisa. Tahap informasi ini berisi penjelasan – penjelasan tentang pemilihan item pekerjaan seperti *Cost Model* dan *Breakdown Cost*

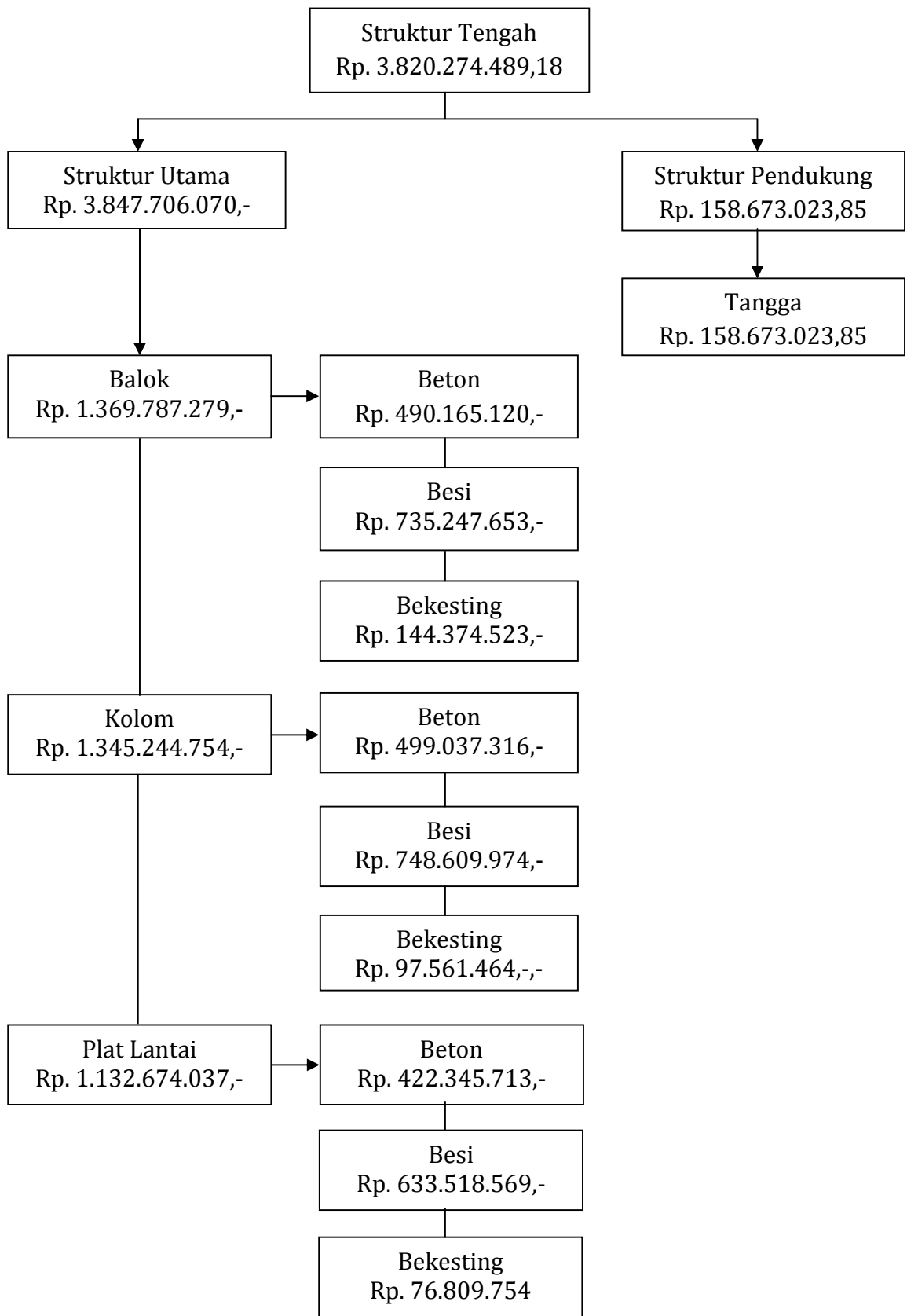
##### 4.1.1 Deskripsi Proyek

Nama Proyek	: Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang
Lokasi	: Kampus III Universitas Brawijaya Malang Kawasan Puncak Dieng
Konsultan Perencana	: PT. TISAGA Consultan
Konsultan Pengawas	: CV. KOSA MATRA GRAHA
Kontraktor Pelaksana	: PT. WIDYA SATRIA
Fungsi Gedung	: Laboratorium dan Ruang Kuliah
Luas Lahan	: ± 1200 m <sup>2</sup>
Jumlah Lantai	: 5 Lantai
Struktur Bawah	: Pondasi Strauss
Struktur Tengah	: Beton Bertulang

Struktur Atap : Baja WF  
Gambar Desain : Dilampirkan  
Biaya Total Proyek : Rp. 13.401.990.000,

#### **4.1.2 Identifikasi Item Kerja**

Identifikasi item pekerjaan yang berbiaya tinggi berfungsi untuk mengetahui item pekerjaan yang mempunyai biaya tinggi. Dalam hal ini metode yang digunakan adalah dengan membuat bagan biaya (cost model) proyek. Gambar 4.1 dibawah ini menunjukkan bagan biaya item pekerjaan.



**Gambar 4.1 Cost Model pekerjaan struktur tengah**



Breakdown analisa item pekerjaan ini merupakan breakdown item pekerjaan struktur tengah yang diurutkan dari biaya yang tertinggi ke yang terendah (Tabel 4.1)

**Tabel 4.1 Breakdown Analisa Struktur Tengah**

No	Item Pekerjaan	Biaya (Rp)	Bobot (%)
1	Beton Balok	1,369,787,279.24	34.19
2	Beton Kolom	1,345,244,754.24	33.58
3	Beton Plat lantai	1,132,674,037.25	28.27
4	Tangga	158,673,023.85	3.96
	Jumlah	4,006,379,094.58	100.00

Ket : ■ (Item teridentifikasi berbiaya tinggi)

Dapat disimpulkan bahwa item diindikasikan berbiaya tinggi adalah :

- Pekerjaan Beton Balok : 34.19%
  - Pekerjaan Beton Kolom : 33.56%
  - Pekerjaan Beton Plat lantai : 28.27%
- Dari distribusi biaya pada tabel 4.1 diatas, pekerjaan yang dipilih adalah pekerjaan dengan bobot yang mendekati 80% dari total biaya proyek yaitu pekerjaan beton. Pekerjaan tersebut dipilih karena mempunyai bobot sebesar 96.04% dari bobot elemen pekerjaan lainnya. Hal tersebut dapat dilihat pada besarnya biaya bila dibandingkan dengan biaya total pekerjaan beton.
- Nantinya dipilih pekerjaan balok dan kolom untuk dianalisa Rekayasa Nilai, karena mempunyai potensial untuk terjadi penghematan biaya.
- Selain memiliki biaya yang cukup besar dalam memilih item pekerjaan dapat ditinjau dari segi bahan dan desain yang nantinya dapat memunculkan berbagai macam alternatif pengganti.

### 4.1.3 Analisa Fungsi

Metode Fast (*Function Analysis System Technique*) merupakan suatu proses analisa yang bila digunakan secara tepat dapat menghasilkan sebuah desain yang optimum. FAST diagram dibuat untuk membantu mengidentifikasi fungsi-fungsi komponen sebelum melakukan analisa fungsi.

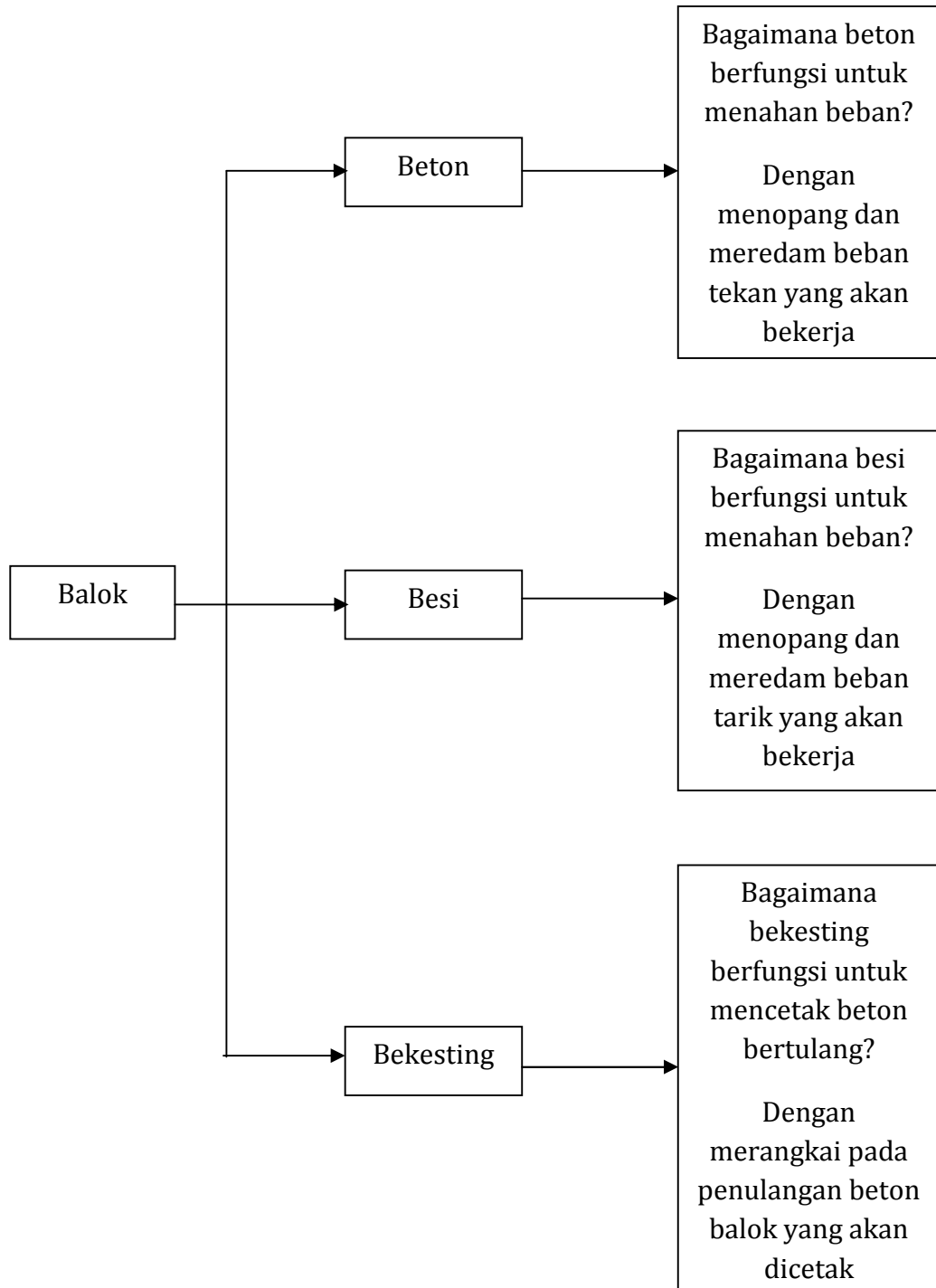
Analisa fungsi bertujuan mengklarifikasikan fungsi-fungsi utama (*basic function*) maupun fungsi-fungsi penunjang (*secondary function*), juga bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara biaya (*cost*) dan nilai manfaat (*worth*), sehingga dari serangkaian proses tersebut dapat diketahui item mana saja yang memiliki potensi biaya yang tidak diperlukan

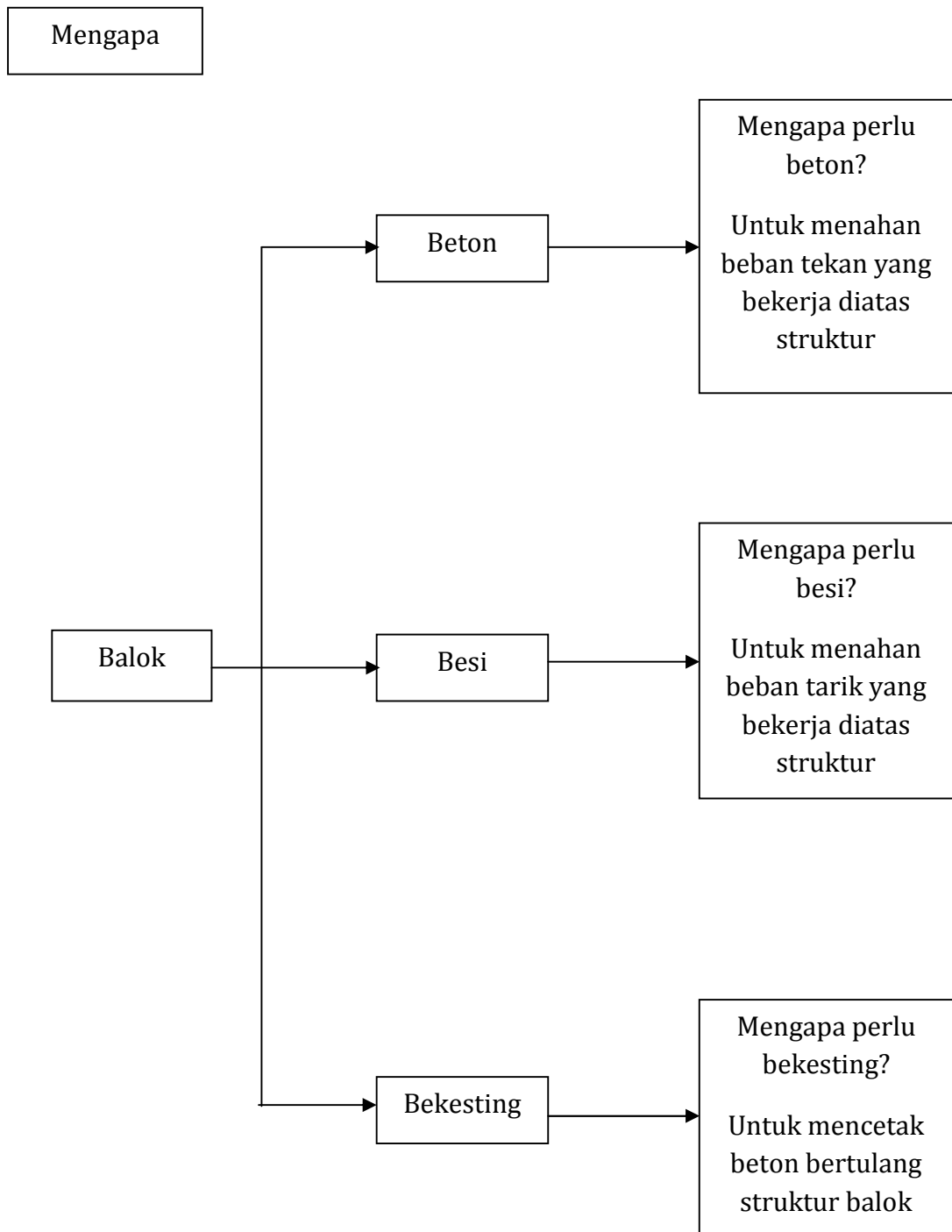
Bila hasil perbandingan antara *cost* dan *worth* lebih dari 1, maka item pekerjaan tersebut perlu dilakukan Rekayasa Nilai. Yang dimaksud dengan *cost* adalah biaya yang diperkirakan dari setiap fungsi, baik fungsi basic maupun sekunder, sedangkan *worth* adalah biaya terendah yang diperlukan untuk bisa memenuhi fungsi yang diinginkan.

Setelah mendapatkan informasi dari data diatas, maka dilakukan analisa fungsi yang menunjukkan perbandingan *cost/worth* dalam pekerjaan struktur kolom dan struktur balok, dimana kolom berfungsi sebagai penahan beban tekan yang terjadi pada struktur dan sebagai tumpuan balok.

## 1. Balok

Bagaimana





**Gambar 4.2 Diagram FAST Balok**

**Tabel 4.2 Analisa Fungsi Pekerjaan Struktur Balok**

No.	Uraian	Kata Kerja	Fungsi Kata Benda	Jenis	Cost (Rp)	Worth (Rp)
1.	Beton	Menyalurkan	Beban	B	490.165.102,-	490.165.102,-
2.	Besi	Menyalurkan	Beban	B	735.247.653,-	735.247.653,-
3.	Bekesting	Mencetak	Balok	S	144.374.523,-	111.057.325,-
Jenis		B = basic S = Sekunder		∑	1.369.787.279,-	1.336.470.081,-

Nilai *cost* didapat dari rencana biaya existing

Nilai *worth* didapat dari biaya terkecil (minimum) untuk menjalankan fungsi dasar dengan cara yang paling sederhana, berdasarkan teknologi yang ada.

(Tjaturono, 2007:37)

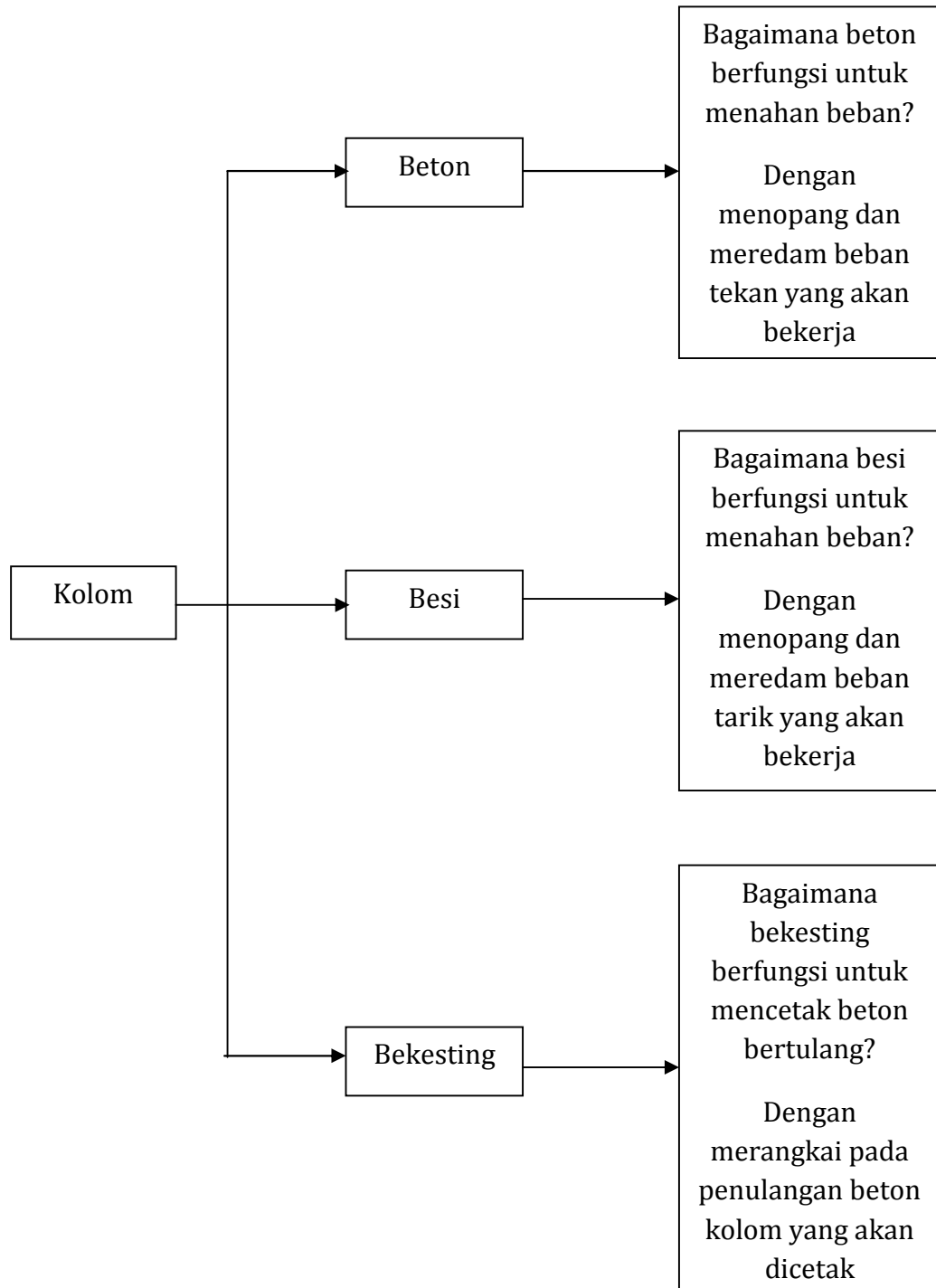
Penentuan *cost/worth ratio*

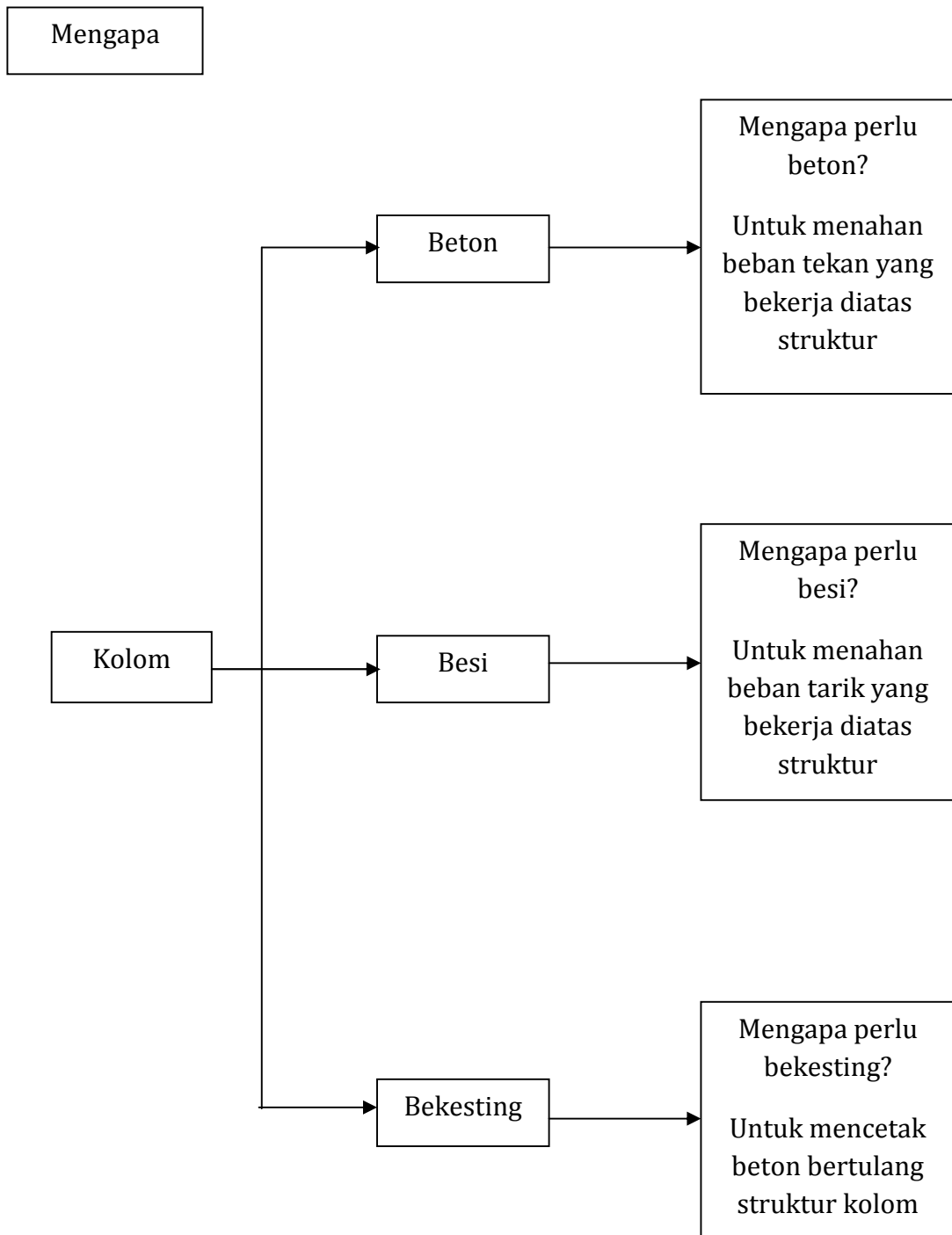
$Cost/Worth = 1.369.787.279,- / 1.336.470.081,- = 1,12 > 1$  layak untuk di Reayasa Nilai

Nilai *cost/worth ratio* diatas berarti menunjukkan adanya penghematan, karena nilainya  $n > 1$ .

## 2. Kolom

Bagaimana





**Gambar 4.3 Diagram FAST Kolom**

**Tabel 4.3 Analisa Fungsi Pekerjaan Struktur Kolom**

No.	Uraian	Kata Kerja	Fungsi Kata Benda	Jenis	Cost (Rp)	Worth (Rp)
1.	Beton	Menyalurkan	Beban	B	499.073.316,-	499.073.316,-
2.	Besi	Menyalurkan	Beban	B	748.609.974,-	748.609.974,-
3.	Bekesting	Mencetak	Balok	S	97.561.464,-	75.047.280,-
Jenis		B = basic S = Sekunder		∑	1.345.224.754,-	1.322.730.570,-

Nilai *cost* didapat dari rencana biaya existing

Nilai *worth* didapat dari biaya terkecil (minimum) untuk menjalankan fungsi dasar dengan cara yang paling sederhana, berdasarkan teknologi yang ada.

(Tjaturono, 2007:37)

Penentuan *cost/worth ratio*

$$\text{Cost/Worth} = 1.345.224.754,- / 1.322.730.570,- = 1,11 > 1 \text{ layak untuk di}$$

Rekayasa Nilai

Nilai *cost/worth ratio* diatas berarti menunjukkan adanya penghematan, karena nilainya  $n > 1$ .

#### **4.1.4 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Baja**

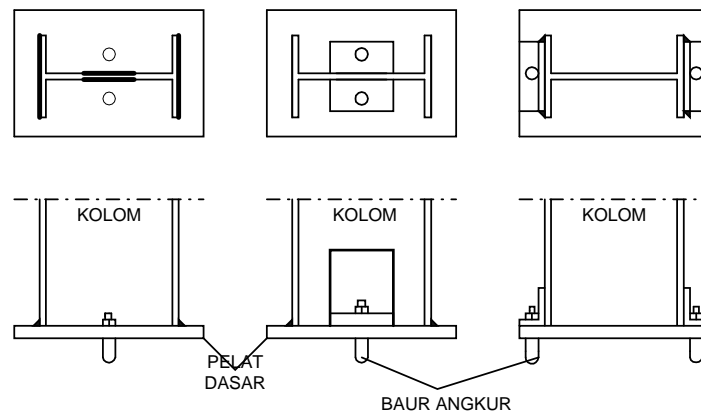
Pelat dasar kolom (column base plate) mendistribusikan beban terpusat yang bekerja pada elemen kolom ke media penumpu, umumnya suatu pedestal beton atau lantai beton. Beban – beban berat tersebut harus disebarakan untuk mencegah kehancuran beton penumpu. Pertimbangan lainnya adalah sambungan atau angkur dari pelat dasar kolom dan kolom ke pondasi beton.



Pada analisis kerangka, evaluasi tentang derajat kekangan dapat menjadi hal yang penting juga.

Desain pelat dasar melibatkan beberapa pertimbangan berikut:

1. Luas pelat dasar akan tergantung pada kekuatan tumpu (bearing strength) dari beton dibawah pelat baja.
2. Tebal pelat akan dikendalikan oleh kekuatan lentur pelat. Bila dimensi pelat  $B$  dan  $N$ , diperlihatkan pada gambar, cukup besar dibandingkan dimensi profil  $b$  dan  $d$  dari penampang baja, maka pendekatan tradisional adalah dengan mendesain pelat memiliki bentangan kantilever  $m$  dan  $n$  yang dibebani merata.
3. Untuk pelat yang tidak terlalu jauh melewati batas profil penampang baja, suatu pendekatan alternatif diperlukan. Keadaan ini timbul bila beban kolom adalah relatif kecil. Dalam kasus ini, pelat yang dibebani cukup ringan dapat diperlakukan sebagai terbebani merata seluas bentuk-H yaitu  $A_H$  yang bersebelahan dengan keliling sebelah dalam kolom, seperti tampak pada gambar.



**Gambar 4.4 Konstruksi Dasar Kolom**

Setelah pemasangan baut angkur selesai, selanjutnya dilakukan pemasangan kolom, kolom di berdirikan menggunakan tower crane, kemudian diposisikan pada titik-titik dimana kolom tersebut akan dipasang sesuai gambar kerja. Kolom-kolom berdiri pada pelat dasar yang sudah disambung menggunakan sambungan las, kemudian disambung menggunakan baut angkur yang sudah terpasang sebelumnya.



**Gambar 4.5 Pemasangan Kolom**

Pekerjaan Balok dilakukan pada saat kolom-kolom pada lantai 1 sudah didirikan, atau bisa juga di kerjakan bila sebagian kolom sudah dipasang untuk mempercepat waktu pelaksanaan. Pemasangan balok juga menggunakan alat bantu tower crane, bila sudah tersambung dengan kolom, selanjutnya dilakukan sambungan menggunakan sambungan las dan baut untuk memperkuat sambungan balok dan kolom dan seterusnya.



**Gambar 4.6 Pemasangan Balok - Kolom**

#### **4.2 Tahap Spekulasi/Kreatifitas**

Dalam tahap spekulasi dikumpulkan alternatif-alternatif desain sebanyak mungkin tanpa melihat berbagai pertimbangan.

Untuk pengajuan alternatif desain dapat dilakukan dengan cara-cara berikut berdasar Zimmerman :

- a) Brainstroming
- b) Gordon Technique
- c) Checklist
- d) Morphological Analysis

e) Attribute Listing

Menurut Hurber, 1980 terdapat beberapa teknik dalam penjajakan terhadap alternatif bagi penyelesaian masalah :

a) Brainstroming

Teknik merangsang anggota untuk menjajaki alternatif yang mungkin bisa dipakai untuk menyelesaikan masalah secara bebas tanpa adanya kritik atas ide-ide yang diajukan

b) The Nominal Group

Teknik merangsang anggota untuk memberi dan mengevaluasi informasi bagi pembuatan keputusan terutama oleh mereka yang akan terpengaruh oleh suatu alternatif keputusan

c) The Dephli Tecnique

Teknik untuk mendapatkan pendapat tentang masalah dari suatu panel besar yang terdiri dari para ahli kemudian mereka memberi umpan balik tentang analisa data mengenai pendapat yang telah diberikan.

Dalam analisa proyek pembangunan gedung yang dikerjakan disini digunakan metode brainstorming untuk pengumpulan alternatif desain dan tidak perlu kita pertimbangkan faktor-faktor kriteria, keindahan, harga spesifikasi maupun batasan desain yang ada serta pertimbangan lainnya. Untuk mengumpulkan alternatif desain dapat digunakan langkah berikut ini :

a) Menghilangkan fungsi sekunder yang mungkin

b) Mengganti fungsi basic

c) Mengganti sistem yang ada

#### **4.2.1 Alternatif Desain**

##### **Balok dan Kolom**

Dimunculkan berbagai macam alternatif sebagai pembanding perencanaan awal struktur balok dan kolom dari material beton bertulang.

Alternatif tersebut adalah :

Alternatif 1 : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil WF

Alternatif 2 : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil Castella

Alternatif 3 : Balok Baja Profil INP dan Kolom Baja Profil WF

Alternatif 4 : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil Canal

Alternatif 5 : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil Hollow

Alternatif 6 : Balok dan Kolom Menggunakan Beton Prategang

Alternatif 7 : Balok dan Kolom Menggunakan Kayu

#### **4.3 Tahap Analisa**

Dalam upaya pengambilan keputusan terpilih disini menggunakan strategi "*mixed scanning*" seperti dikemukakan oleh etzioni (Azhar Kasim,1995) dengan dua komponen utama yaitu :

- 1) Ciri strategi optimasi dengan kombinasi pendekatan "*elimination by aspect*" dalam pengambilan keputusan.
- 2) Ciri intremental seperti strategi kepuasan yaitu proses pembuatan keputusan yang hanya mempunyai ruang lingkup kecil dan merupakan revisi secara perlahan-lahan atau persiapan bagi keputusan fundamental yang baru.

### **a) Melakukan Seleksi Terhadap Alternatif yang Diajukan**

Langkah-langkah dalam penyaringan alternatif menurut strategi mixed scanning sebagai berikut :

- 1) Mencatat semua alternatif yang terlintas dalam pikiran termasuk yang terlihat tidak masuk akal.
- 2) Meneliti alternatif secara singkat menolak alternatif yang jelas tidak bisa dilaksanakan (tidak memenuhi syarat yang mutlak diperlukan).

Berdasarkan pada berbagai alternatif desain maka kita melakukan seleksi alternatif desain yang mungkin untuk di Reayasa Nilai dengan mempertimbangkan :

- 1) Batasan desain yang diajukan owner, spesifikasi dari item yang dianalisa
- 2) Kriteria dan fungsi elemen dari tiap-tiap alternatif yang diajukan dari segi biaya yang dikeluarkan untuk alternatif tersebut

### **b) Melakukan Analisa Keuntungan dan Kerugian dari Alternatif Terpilih**

Dari tahapan seleksi akan direduksi lagi alternatif desain yang memungkinkan untuk dianalisa karena batasan-batasan yang diajukan. Kemudian dilakukan analisa keuntungan dan kerugian dari alternatif dengan pertimbangan :

- 1) Penghematan Biaya
- 2) Estetika
- 3) Teknis Pelaksanaan
- 4) Keawetan
- 5) Pengawasan Mutu
- 6) Kekuatan

Langkah ini diulangi lagi dengan lebih teliti dalam menganalisa alternatif yang ada sehingga dapat mereduksi lagi alternatif yang ada.

### c) Pengukuran Alternatif dan Penilaian Alternatif

Pengukuran dan penilaian alternatif dilakukan berdasarkan pada :

- 1) Kriteria Biaya (*Life Cycle Cost*)
- 2) Kriteria Non Biaya (*Analytical Hierarchy Process*)

#### 4.3.1 Seleksi Alternatif

Dalam tahapan seleksi alternatif disini kita mulai melakukan pertimbangan terhadap alternatif-alternatif yang diajukan berdasarkan pada kriteria yang diminta yaitu :

- 1) Estetika konstruksi
- 2) Biaya pelaksanaan konstruksi
- 3) Teknis pelaksanaan konstruksi
- 4) Pengawasan mutu konstruksi
- 5) Keawetan konstruksi
- 6) Konstruksi harus kuat/kokoh

#### 4.3.2 Analisa Keuntungan dan Kerugian Alternatif

**Tabel 4.4 Analisa Keuntungan dan Kerugian**

No.	Alternatif	Evaluasi Ide		Prioritas
		Keuntungan	Kerugian	
1.	Balok dan Kolom Baja Profil WF	Estetika Teknis Pelaksanaan Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Biaya	5

No.	Alternatif	Evaluasi Ide		Prioritas
		Keuntungan	Kerugian	
2.	Balok dan Kolom Baja Profil Castella	Estetika Teknis Pelaksanaan Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Biaya	5
3.	Balok Baja Profil INP Kolom Baja Profil WF	Estetika Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Biaya	5
4.	Balok dan Kolom Baja Profil Canal	Estetika Keawetan	Biaya Teknis Pelaksanaan Pengawasan Mutu Kekuatan	2
5.	Balok dan Kolom Baja Profil Hollow	Estetika Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Biaya Teknis Pelaksanaan	4
6.	Balok dan Kolom Beton Prategang	Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Estetika Biaya Teknis Pelaksanaan	3
7.	Balok dan Kolom Kayu	Estetika Pengawasan Mutu	Biaya Teknis Pelaksanaan Keawetan Kekuatan	2

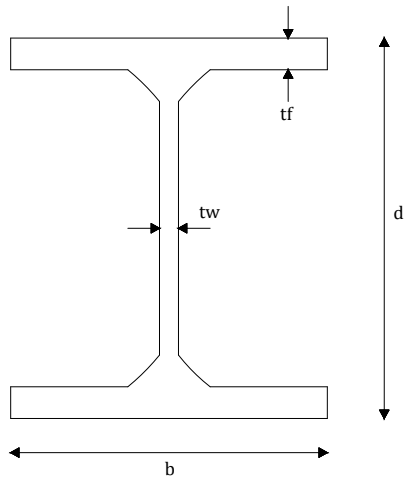
Berdasarkan pada hasil analisa keuntungan dan kerugian alternatif dapat direduksi yang akan diukur dan dinilai dengan non biaya yaitu :

Balok dan Kolom

- 1) Usulan A : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil WF
- 2) Usulan B : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil Castella
- 3) Usulan C : Balok Baja Profil INP dan Kolom Baja Profil WF

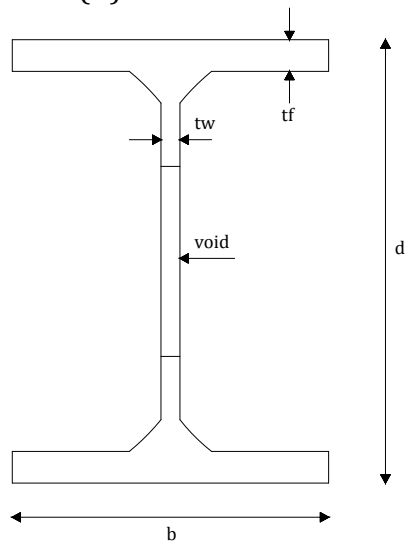


1) Alternatif Balok dan Kolom (A)



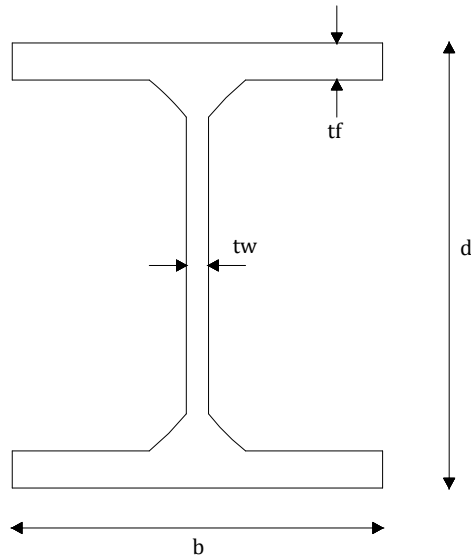
**Gambar 4.7 Baja Profil Wide Flange(WF)**

2) Alternatif Balok dan Kolom (B)



**Gambar 4.8 Baja Profil Castella**

### 3) Alternatif Balok dan Kolom (C)



**Gambar 4.9 Baja Profil INP**

#### 4.3.3 Analisa Pemilihan Alternatif

Untuk analisa pemilihan alternatif disini digunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan suatu model hirarki fungsional dengan input utama persepsi manusia. Dengan suatu hirarki, suatu masalah yang kompleks dan tidak terstruktur dipecahkan kedalam kelompok-kelompoknya. Kemudian kelompok-kelompok tersebut diatur menjadi suatu bentuk hirarki.

Pada dasarnya langkah-langkah dalam metode AHP meliputi :

- 1) Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan
- 2) Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan sub tujuan, kriteria dan kemungkinan alternatif-alternatif pada tingkatan kriteria yang paling bawah
- 3) Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing

“judgment” dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen yang lainnya

- 4) Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh judgment seluruhnya sebanyak  $n \times [(n-1)/2]$  buah, dengan  $n$  adalah banyaknya elemen yang dibandingkan
- 5) Menghitung nilai elemen dan menguji konsistensinya
- 6) Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai vektor eigen merupakan bobot setiap elemen. Langkah ini dilakukan untuk mensintesis judgment dalam penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai pencapaian tujuan

Untuk memulai perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen yang lain digunakan skala penilaian perbandingan berpasangan (saaty, 1980)

**Tabel 4.5 Skala Penilaian perbandingan berpasangan**

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek
9	Satu elemen mutlak penting dari elemen yang lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara 2 nilai pertimbangan yang berdekatan	Niali ini diberikan bila ada kompromi diantara 2 pilihan
Kebalikan	Jika aktifitas i mendapatkan satu angka dibanding aktifitas j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i	

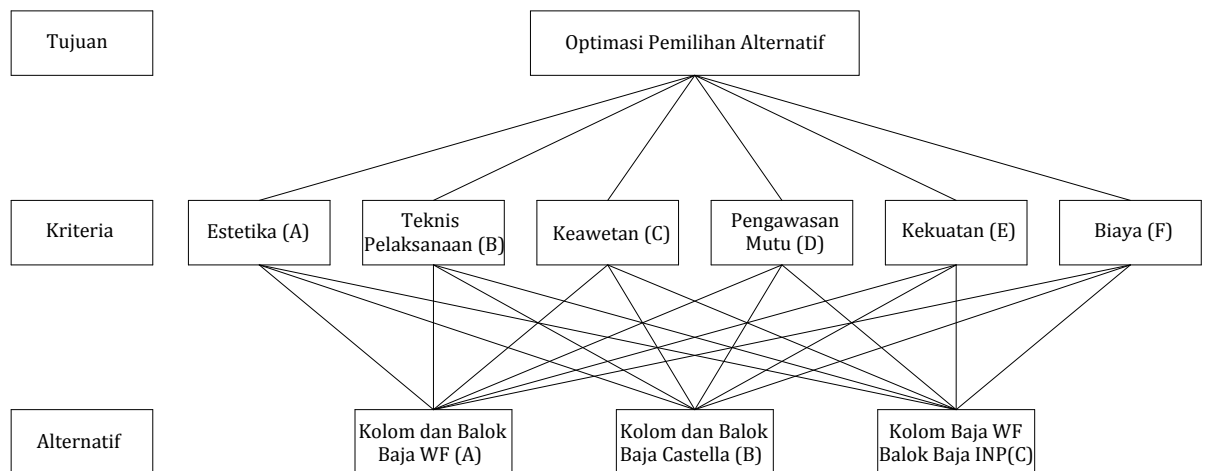
Dalam analisa gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan disini kita berikan bahwa goal atau tujuan dari hirarhi adalah optimasi pemilihan alternatif. Kriteria yang dikembangkan adalah estetika, teknis pelaksanaan, keawetan, pengawasan mutu, kekuatan dan biaya.

Kriteria :

- 1) Estetika
- 2) Teknis Pelaksanaan
- 3) Keawetan
- 4) Pengawasan Mutu
- 5) Kekuatan
- 6) Biaya

Alternatif :

- 1) Usulan A
- 2) Usulan B
- 3) Usulan C



**Gambar 4.10 Penyusunan Analytical Hierarchy Process (AHP)**

Setelah penyusunan hirarki selesai maka langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan antara elmen-elemen dengan memperhatikan pengaruh elemen lain pada level di atasnya. Perbandingan pertama dilakukan pada level kriteria dengan memperhatikan level tujuan.

### Penentuan Bobot Kriteria

**Tabel 4.6 Rata - rata geometrik terhadap kriteria pada pekerjaan struktur tengah**

No.	Identitas Responden				Nilai							
	Kode Responden	Usia	Pengalaman	Pendidikan	1	2	3	4	5	6	7	8
		(Thn)	(Thn)		A - B	A - C	A - D	A - E	A - F	B - C	B - D	B - E
1	Responden A	46-55	> 10	S2	5	1/5	1	1	6	1/4	1/5	1/5
2	Responden B	45-55	> 10	S2	1	1/3	1	1	1	1	1	1
3	Responden C	25-35	5 - 7	D - III	1	1/7	3	1/4	1	1/4	1	1/5
4	Responden D	25-35	8 - 10	S1	1/7	5	1	1	1	1/4	1/3	1/5
Rata - rata geometrik					1.79	1.42	1.50	0.81	2.25	0.44	0.63	0.40

No.	Identitas Responden				Nilai							
	Kode Responden	Usia	Pengalaman	Pendidikan	9	10	11	12	13	14	15	
		(Thn)	(Thn)		B - F	C - D	C - E	C - F	D - E	D - F	E - F	
1	Responden A	46-55	> 10	S2	5	5	1/5	7	7	1/6	7	
2	Responden B	45-55	> 10	S2	1	1	1	1	1/6	1	2	
3	Responden C	25-35	5 - 7	D - III	4	1	1/4	5	1	5	4	
4	Responden D	25-35	8 - 10	S1	1	1	1	1	1/6	1	2	
Rata - rata geometrik					2.75	2.00	0.61	3.50	2.08	1.79	3.75	

**Tabel 4.7 Perbandingan Kriteria**

Tujuan		Kriteria					
		A	B	C	D	E	F
Kriteria	A	1.00	1.79	1.42	1.50	0.81	2.25
	B	0.56	1.00	0.44	0.47	0.40	2.75
	C	0.70	2.29	1.00	2.00	0.61	3.50
	D	0.67	2.14	0.50	1.00	2.08	1.79
	E	1.23	2.50	1.63	0.48	1.00	3.75
	F	0.44	0.36	0.29	0.56	0.27	1.00
Jumlah		4.61	10.08	5.27	6.00	5.18	15.04

Sumber : Hasil Perhitungan

Cara mendapatkan nilai-nilai di atas adalah :

Perbandingan di atas adalah dengan membandingkan kolom yang terletak paling kiri dengan setiap kolom ke dua, ketiga, keempat, dst.

- Perbandingan terhadap dirinya sendiri, akan menghasilkan nilai 1. Sehingga nilai satu akan tampil secara diagonal. (A terhadap A, B terhadap B dan C terhadap C, dst)
- Hasil dari rata-rata geometrik, misalkan nilai 1.79, didapatkan dari perbandingan A yang 1.79 kali lebih penting dari B (lihat nilai perbandingan di atas)
- Perbandingan kolom kiri dengan kolom-kolom selanjutnya, misalkan nilai 0.56 didapatkan dari  $1/1.79$

**Tabel 4.8 Normalisasi Perbandingan Kriteria**

Tujuan		Kriteria						Jumlah	Bobot
		A	B	C	D	E	F		
Kriteria	A	0.217	0.177	0.269	0.250	0.157	0.150	1.220	0.203
	B	0.122	0.099	0.083	0.078	0.077	0.183	0.642	0.107
	C	0.153	0.227	0.190	0.333	0.118	0.233	1.253	0.209
	D	0.145	0.213	0.095	0.167	0.403	0.119	1.140	0.190
	E	0.267	0.248	0.310	0.080	0.193	0.249	1.347	0.225
	F	0.096	0.036	0.054	0.093	0.052	0.066	0.398	0.066
Jumlah		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	6.000	1.000

Sumber : Hasil Perhitungan

- Nilai 0.217 adalah hasil dari pembagian antara nilai 1.00 / 4.61 dst.
- Nilai 1.220 adalah hasil dari penjumlahan 0.217 + 0.177 + 0.269 + 0.250 + 0.157 + 0.150
- Nilai 0,203 adalah hasil dari 1.220 / 6
- Dst

Setelah matriks level dua selesai dibuat sampai pada perhitungan bobot prioritasnya dilanjutkan pada perbandingan antar elemen pada level tiga dengan pertimbangan level dua.

Berdasarkan hasil survey didapat jumlah penilaian alternatif berdasarkan 6 kriteria, yaitu :



**Tabel 4.9 Point Hasil Survey**

Alternatif	Kriteria					
	Estetika	Teknis Pelaksanaan	Keawetan	Pengawasan Mutu	Kekuatan	Biaya
Baja WF	11	12	13	13	14	6
Castella	12	10	13	13	12	6
WF dan INP	10	10	10	11	12	6
Jumlah	33	32	36	37	38	18

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Setelah semua matriks pada level tiga selesai dipertimbangkan dan didapatkan semua prioritas secara lokalnya. Langkah berikutnya adalah melakukan operasi perkalian antara matriks yang memuat prioritas lokal tersebut sehingga pada akhirnya didapatkan suatu bobot prioritas global.

**Tabel. 4.10 Bobot Prioritas Total Skor**

Kriteria	Estetika	Teknis	Keawetan	pengawasan	Kekuatan	Biaya	Total			Rangking
		Pelaksanaan		Mutu			Skor			
Alternatif	Bobot	0.203	0.107	0.209	0.190	0.225	0.066			
	Baja WF	11	12	13	13	14	6	12.247		1
	Castella	12	10	13	13	12	6	11.787		2
	WF dan INP	10	10	10	11	12	6	10.374		3

Sumber : Hasil Perhitungan

Dengan melihat hasil pembobotan total skor, maka kita ambil nilai bobot prioritas yang terbesar yaitu alternatif Profil Baja WF (A) sebagai pilihan.

#### 4.3.4 Analisa Penilaian dengan Kriteria Biaya (LCC)

Life Cycle Cost dari item yang ada diperhitungkan selama masa investasi dengan dari seluruh biaya-biaya yang relevan dengan item tersebut berdasar pada pertimbangan *time value of money*.

Biaya-biaya yang relevan atau biaya yang dikeluarkan selama masa investasi antara lain :

- 1) *Initial cost* yang merupakan biaya awal yang dikeluarkan pada saat pelaksanaan konstruksi. Untuk *initial cost* diambil dari analisa biaya desain awal dengan harga satuan sesuai peraturan pemerintah setempat
- 2) *Operational* merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan karena pemakaian tenaga kerja misalnya
- 3) *Maintenance* merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan sesuai rencana selang waktu tertentu untuk penggantian item. *Cost maintenance* merupakan hal yang spesifik tapi bukan prioritas tertinggi
- 4) *Replacement* merupakan biaya penggantian atas suatu item dimana diluar yang kita rencanakan harus diganti. Pada saat habis masa investasi diasumsikan tidak diadakan penggantian-penggantian
- 5) *Energy cost* adalah biaya yang keluar akibat pemakaian daya energi
- 6) Nilai sisa merupakan harga yang ada pada saat penghabisan masa investasi (termasuk biaya pemindahan). Diasumsikan bahwa setelah habis masa investasi tidak terdapat sisa karena item yang dianalisa diasumsikan tidak dijual lagi

Setelah semua biaya yang relevan dimasukkan, maka semua biaya yang ada dikonversikan kedalam nilai present valuenya dengan discounted 12 % dan masa investasi 20 tahun.

## A. Perhitungan Dimensi dan Biaya

### 1. Alternatif A

Berikut adalah pendimensian untuk desain alternatif A yang section propertinya didapat dari hasil analisa struktur (Lampiran 1).

**Tabel 4.11 Dimensi Baja Profil WF (Alternatif A) untuk Balok dan Kolom**

Section Index	Weight	Depht	Width	Thickness		Luas	Dimensi Profil yang Diusulkan	Luas
		(d)	(b)	Web	Flange	(A)		(A)
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>
300x300	94.00	300	300	10	15	119.80	Kolom	0.012
250x250	72.40	250	250	9	14	92.18	Kolom	0.009
200x200	49.90	200	200	8	12	63.53	Balok Bentang 6 dan 7 m	0.006
175x175	40.20	175	175	7.5	11	51.21	Balok Bentang 3 dan 5 m	0.005

Sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja Ir. Gunawan dengan Petunjuk Ir. Morisco

**Tabel 4.12 Berat Profil Baja Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94.00	3384.00
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F, 11 A - F, 5 - 7 G	4	33	250x250x9x14	72.40	2389.20
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	200x200x8x12	49.90	548.90
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	200x200x8x12	49.90	1097.80
4	Balok	Line 2 - 10 A-F dan 5 - 7 F'-G	5	76	175x175x7.5x11	40.20	3055.20
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	175x175x7.5x11	40.20	1608.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>12083.10</b>

*Hasil perhitungan berat profil lantai lain dilampirkan*

Dari hasil perhitungan berat struktur balok – kolom alternatif A, didapatkan berat total :

$$12083.10 + 12083.10 + 6982.50 + 6982.50 + 6982.50 = 45113.70 \text{ kg}$$

**Tabel 4.13 Berat bagian yang ikut serta untuk setiap bagian konstruksi**

Bentuk Profil	Paku Keling atau Baut	Bagian-bagian Detail Konstruksi (%) Pelat Penghubung dll
Kolom	3-4	10-15
Balok Pemikul Bersusun	1-2	5-20
Balok Pemikul Bersusun	5-6	10-12
Kerangka Atap	3-4	15-20

Sumber : Buku Analisa (secara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Hal 277

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dihitung berat baut dan pelat penghubung pada struktur balok dan kolom :

1. Berat baut pada struktur balok dan kolom

$$= 4\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 4\% \times 45113.70$$

$$= 1804.548 \text{ kg}$$

2. Berat pelat penghubung

$$= 5\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 5\% \times 45113.70$$

$$= 2255.685 \text{ kg}$$

Total Berat Baja profil :

$$= 45113.70 + 1804.548 + 2255.685$$

$$= 49173.933 \text{ kg}$$

**Tabel 4.14 Perhitungan RAB alternatif A**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Baja profil dan bagiannya	49173.933	kg	12,600.00	619,591,555.80
2	Pasang baja profil	49173.933	kg	3,050.40	150,000,165.22
3	Pasang Baut $\emptyset$ 5/8"	1804.548	kg	6,650.00	12,000,244.20
4	Pasangan bata ringan	164.478	m <sup>2</sup>	120,826.00	19,873,260.59
5	Plesteran bata ringan	1549.088	m <sup>2</sup>	38,118.00	59,048,136.38
6	Acian bata ringan	1549.088	m <sup>2</sup>	12,540.00	19,425,563.52
Total					879,938,925.71

Sumber : Hasil Perhitungan

Biaya Maintenance :

Pengecatan setiap 4 tahun sekali

**Tabel 4.15 Biaya Maintenance alternatif A**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Pengecatan	1549.088	m <sup>2</sup>	36,312.00	56,250,483.46
Total					56,250,483.46

Sumber : Hasil Perhitungan

## 2. Alternatif B

Berikut adalah pendimensian alternatif B (Baja Profil Castella) yang section propertinya didapat dari hasil analisa struktur (Lampiran 1).

**Tabel 4.16 Dimensi Baja Profil Castella (Alternatif B) untuk balok dan kolom**

Section Index	Weight	Depht	Width	Thickness		Luas	Dimensi Profil yang Diusulkan	Luas	Castella Weight	Depht
		(d)	(b)	Web	Flange	(A)		(A)		(d)
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>	kg/m	mm
300x300	94.00	300	300	10	15	119.80	Kolom	0.012	88.76	450
250x250	72.40	250	250	9	14	92.18	Kolom	0.009	68.32	375
200x200	49.90	200	200	8	12	63.53	Balok Bentang 6 dan 7 m	0.006	47.10	300
200x200	49.90	200	200	8	12	63.53	Balok Bentang 3 dan 5 m	0.006	47.10	300

Sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja Ir. Gunawan dengan Petunjuk Ir. Morisco



**Tabel 4.17 Berat Profil Baja Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	88.76	3195.36
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F,	4	33	250x250x9x14	68.32	2254.56
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	200x200x8x12	47.10	518.10
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	200x200x8x12	47.10	1036.20
4	Balok	Line 2 - 10 A - F dan 5 -7 F'-G	5	76	200x200x8x12	47.10	3579.60
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	200x200x8x12	47.10	1884.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>12467.82</b>

*Hasil perhitungan berat profil lantai lain dilampirkan*

Dari hasil perhitungan berat struktur balok – kolom alternatif B, didapatkan berat total :

$$12467.82 + 12467.82 + 7104.66 + 7104.66 + 7104.66 = 46249.62 \text{ kg}$$

**Tabel 4.18 Berat bagian yang ikut serta untuk setiap bagian konstruksi**

Bentuk Profil	Paku Keling atau Baut	Bagian-bagian Detail Konstruksi (%) Pelat Penghubung dll
Kolom	3-4	10-15
Balok Pemikul Bersusun	1-2	5-20
Balok Pemikul Bersusun	5-6	10-12
Kerangka Atap	3-4	15-20

Sumber : Buku Analisa (secara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Hal 277

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dihitung berat baut dan pelat penghubung pada struktur balok dan kolom :

1. Berat baut pada struktur balok dan kolom

$$= 4\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 4\% \times 46249.62$$

$$= 1849.985 \text{ kg}$$

2. Berat pelat penghubung

$$= 5\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 5\% \times 46249.62$$

$$= 2312.481 \text{ kg}$$

Total Berat Baja profil :

$$= 46249.62 + 1849.985 + 2312.481$$

$$= 50412.086 \text{ kg}$$

**Tabel 4.19 Perhitungan RAB alternatif B**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Baja profil dan bagiannya	50412.086	kg	12,600.00	635,192,281.08
2	Pekerjaan las dan Pemotongan	50412.086	kg	650.00	32,767,855.77
3	Pasang baja profil	50412.086	kg	3,050.40	153,777,026.52
4	Pasang Baut Ø 5/8"	1849.985	kg	6,650.00	12,302,398.92
5	Pasangan bata ringan	181.501	m <sup>2</sup>	120,826.00	21,930,057.03
6	Plesteran bata ringan	1620.480	m <sup>2</sup>	38,118.00	61,769,456.64
7	Acian bata ringan	1620.480	m <sup>2</sup>	12,540.00	20,320,819.20
					938,059,895.17

Sumber : Hasil Perhitungan

Biaya Maintenance :

Pengecatan setiap 4 tahun sekali

**Tabel 4.20 Biaya Maintenance alternatif B**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Pengecatan	1620.480	m <sup>2</sup>	36,312.00	58,842,869.76
Total					58,842,869.76

Sumber : Hasil Perhitungan

### 3. Alternatif C

Berikut adalah pendimensian alternatif C (Baja Profil INP dan Baja Profil WF) yang section propertinya didapat dari hasil analisa struktur (Lampiran 1).

**Tabel 4.21 Dimensi Baja Profil WF untuk kolom dan Profil INP untuk balok (Alternatif C)**

Section Index	Weight	Depht	Width	Thickness		Luas	Dimensi Profil yang Diusulkan	Luas
		(d)	(b)	Web	Flange	(A)		(A)
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>
300x300	94.00	300	300	10	15	119.80	Kolom	0.012
250x250	72.40	250	250	9	14	92.18	Kolom	0.009
INP 45	115	450	175	16.2	32.4	147.00	Balok Bentang 6 dan 7 m	0.015
INP 30	54.2	300	150	10.8	16.2	69.10	Balok Bentang 3 dan 5 m	0.007

Sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja Ir. Gunawan dengan Petunjuk Ir. Morisco

**Tabel 4.22 Berat Profil Baja Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F,	4	33	250x250x9x14	72.4	2389.20
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	450x175x16.2x24.3	115	1265.00
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	450x175x16.2x24.3	115	2530.00
4	Balok	Line 2 - 10 A - F dan 5 -7 F'-G	5	76	300x150x10.8x16.2	54.2	4119.20
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	300x150x10.8x16.2	54.2	2168.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>15855.40</b>

*Hasil perhitungan berat profil lantai lain dilampirkan*

Dari hasil perhitungan berat struktur balok – kolom alternatif C, didapatkan berat total :

$$15855.40 + 15855.40 + 9524.20 + 9524.20 + 9524.20 = 60283.40 \text{ kg}$$

**Tabel 4.23 Berat bagian yang ikut serta untuk setiap bagian konstruksi**

Bentuk Profil	Paku Keling atau Baut	Bagian-bagian Detail Konstruksi (%) Pelat Penghubung dll
Kolom	3-4	10-15
Balok Pemikul Bersusun	1-2	5-20
Balok Pemikul Bersusun	5-6	10-12
Kerangka Atap	3-4	15-20

Sumber : Buku Analisa (secara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Hal 277

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dihitung berat baut dan pelat penghubung pada struktur balok dan kolom :

3. Berat baut pada struktur balok dan kolom

$$= 4\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 4\% \times 60283.40$$

$$= 2411.336 \text{ kg}$$

4. Berat pelat penghubung

$$= 5\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 5\% \times 60283.40$$

$$= 3014.17 \text{ kg}$$

Total Berat Baja profil :

$$= 60283.40 + 2411.336 + 3014.17$$

$$= 65708.906 \text{ kg}$$

**Tabel 4.24 Perhitungan RAB alternatif C**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Baja profil dan bagiannya	65708.906	kg	12,600.00	827,932,215.60
2	Pasang baja profil	65708.906	kg	3,050.40	200,438,446.86
3	Pasang Baut Ø 5/8"	2411.336	kg	6,650.00	16,035,384.40
4	Pasangan bata ringan	227.451	m <sup>2</sup>	120,826.00	27,482,039.51
4	Plesteran bata ringan	2470.636	m <sup>2</sup>	38,118.00	94,175,703.05
6	Acian bata ringan	2470.636	m <sup>2</sup>	12,540.00	30,981,775.44
Total					1,197,045,564.86

Sumber : Hasil Perhitungan

Biaya Maintenance :

Pengecatan setiap 4 tahun sekali

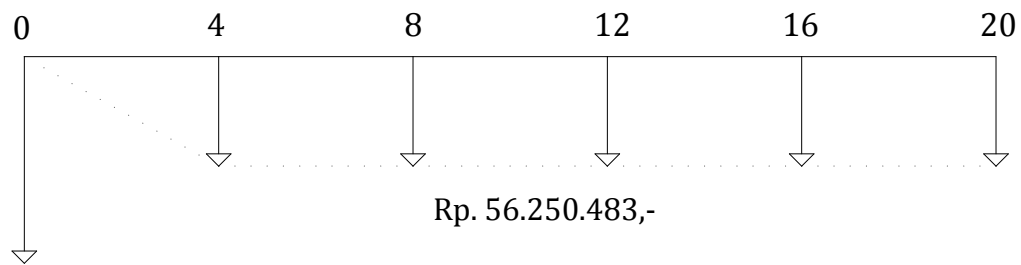
**Tabel 4.25 Biaya Maintenance alternatif C**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Pengecatan	2470.636	m <sup>2</sup>	36,312.00	89,713,734.43
Total					89,713,734.43

Sumber : Hasil Perhitungan

## B. Perbandingan Nilai Present Value

### 1. Alternatif A Baja Profil WF



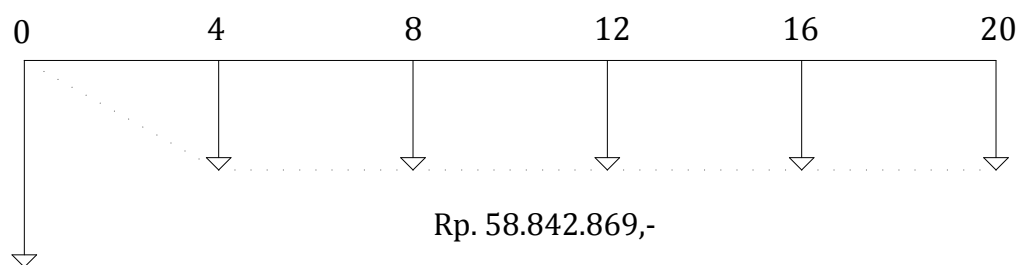
Rp. 879.938.925,-

$$\begin{aligned} F &= P \times (F/P, i\%, n) \\ &= P \times (F/P, 12\%, 4) \\ &= \text{Rp. } 879.938.925,- \times (1,5735) \\ &= \text{Rp. } 1.384.583.899,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= P \times (F/P, i\%, n) \\ &= P \times (F/P, 12\%, 20) \\ &= \text{Rp. } 56.250.483,- \times (9.6463) \\ &= \text{Rp. } 542.605.038,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PV &= \text{Rp. } 1.384.583.899,- + \text{Rp. } 542.605.038,- \\ &= \text{Rp. } 1.927.192.938,- \end{aligned}$$

### 2. Alternatif B Baja Profil Castella



Rp. 938.059.895,-

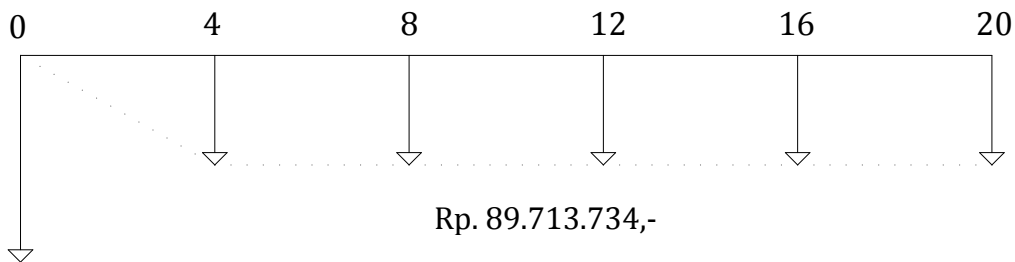


$$\begin{aligned}
 F &= P \times (F/P, i\%, n) \\
 &= P \times (F/P, 12\%, 4) \\
 &= \text{Rp. } 938.059.895,- \times (1,5735) \\
 &= \text{Rp. } 1.477.725.752,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= P \times (F/P, i\%, n) \\
 &= P \times (F/P, 12\%, 20) \\
 &= \text{Rp. } 58.842.869,- \times (9.6463) \\
 &= \text{Rp. } 567.615.974,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PV &= \text{Rp. } 1.477.725.752,- + \text{Rp. } 567.615.974,- \\
 &= \text{Rp. } 2.045.341.727,-
 \end{aligned}$$

### 3. Alternatif C Baja Profil WF dan INP



Rp. 1.197.015.561,-

$$\begin{aligned}
 F &= P \times (F/P, i\%, n) \\
 &= P \times (F/P, 12\%, 4) \\
 &= \text{Rp. } 1.197.015.561,- \times (1,5735) \\
 &= \text{Rp. } 1.885.705.878,-
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= P \times (F/P, i\%, n) \\
 &= P \times (F/P, 12\%, 20) \\
 &= \text{Rp. } 89.713.734,- \times (9.6463)
 \end{aligned}$$

= Rp. 865.405.596,-

PV = Rp. 1.885.705.878,- + Rp. 865.405.596,-

= Rp. 2.751.111.474,-

### **Hasil Perbandingan Present Value Alternatif**

#### **Alternatif Balok dan Kolom**

Desain Awal : Rp. 2.715.032.033,-

Alternatif A : Rp. 1.927.192.938,-

Alternatif B : Rp. 2.045.341.727,-

Alternatif C : Rp. 2.751.111.474,-

**Jadi alternatif yang terpilih adalah alternatif A**

**Tabel 4.26 Hasil perbandingan analisa pemilihan alternatif dengan biaya dan non biaya**

BALOK dan KOLOM	Biaya	Non Biaya (AHP)	Rangking
Desain Awal (Beton Bertulang)	Rp 2,715,032,033.48	-	
Alternatif A ( Baja Profil WF)	Rp 1,927,192,938.17	12.247	1
Alternatif B ( Baja Profil Castella)	Rp 2,045,341,727.42	11.787	2
Alternatif C ( Baja Profil INP dan WF)	Rp 2,751,111,474.77	10.374	3

**Dapat disimpulkan bahwa :**

- Dipilih alternatif A yaitu alternatif pengganti struktur tengah balok dan kolom yang desain awal menggunakan beton bertulang diganti dengan usulan profil baja Wide Flange (WF) yang sesuai dengan hasil kedua analisa baik analisa biaya (*Life Cycle Cost*) dan analisa non biaya (*Analytical Hierarchy Process*).

#### 4.4 Tahap Rekomendasi / Penyajian Tindak Lanjut

Dalam tahap rekomendasi, selanjutnya dihitung besarnya penghematan dengan dilakukannya rekayasa nilai.

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan  
Universitas Brawijaya Malang

Item Pekerjaan : Struktur Tengah (Balok dan Kolom)

Rencana Awal : Struktur Beton Bertulang

Usulan : Struktur Baja Profil Wide Flange (WF)

Dasar Pertimbangan :

1. Penghematan Biaya
2. Nilai Estetika
3. Teknis Pelaksanaan
4. Keawetan
5. Pengawasan Mutu
6. Kekuatan

Penghematan yang diperoleh :

**Tabel 4.27 Pekerjaan Struktur Tengah Balok dan Kolom**

BALOK dan KOLOM	Biaya	Bobot (%)
Desain Awal (Beton Bertulang)	Rp 2,715,032,033.48	100%
Alternatif A ( Baja Profil WF)	Rp 1,927,192,938.17	70.98%
Penghematan	Rp 787,839,095.31	29.02%

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa Rekayasa Nilai pada item pekerjaan struktur tengah balok dan kolom Proyek Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang, dengan berpedoman pada rencana kerja Rekayasa Nilai didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Desain awal beton bertulang dengan dimensi :

Kolom : Bentang 4 m dengan dimensi awal 55/55

Bentang 4 m dengan dimensi awal 40/40

Bentang 4 m dengan dimensi awal 30/30

Balok : Bentang 6 dan 7 m dengan dimensi awal 30/60

Bentang 3 dan 5 m dengan dimensi awal 25/50

Alternatif pengganti struktur tengah yang efisien dan efektif

Kolom : Bentang 4 m dengan section profil WF 300x300x10x15

Bentang 4 m dengan section profil WF 250x250x9x14

Balok : Bentang 6 dan 7 m dengan section profil WF 200x200x8x12

Bentang 3 dan 5 m dengan section profil WF 175x175x7.5x11

2. Besar penghematan yang diperoleh :

Struktur tengah item balok dan kolom dengan design awal beton bertulang sebesar Rp. 2.715.032.033,- dan diganti alternatif baja profil Wide Flange (WF) lebih murah yaitu sebesar Rp. 1.927.192.938,- Besarnya penghematan yang dihasilkan yaitu sebesar Rp. 787.839.095,- (sebesar 29.02% dari biaya

desain awal) sehingga struktur baja profil Wide Flange (WF) layak untuk diusulkan sebagai alternatif pengganti dari rencana awal.

## **5.2 Saran**

Dari kesimpulan diatas saya mempunyai saran sebagai berikut :

1. Umur rencana konstruksi disesuaikan dengan konstruksi yang dipakai karena setiap material mempunyai umur konstruksi yang berbeda tergantung pada jenis konstruksi dan fungsinya.
2. Dalam merencanakan suatu proyek, pemilik perlu mengikutsertakan konsultan value engineering agar didalam penyusunan anggaran didapat penghematan yang tinggi.
3. Dalam merencanakan suatu pekerjaan konstruksi bangunan dibutuhkan beberapa perbandingan desain alternatif, baik dalam hal alternatif desain maupun material sehingga didapatkan perencanaan yang paling ekonomis.
4. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan ide kreatifnya dengan merekayasa nilai struktur bawah gedung dengan tetap memperhatikan fungsinya.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada pembangunan sebuah gedung, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dihitung setelah perhitungan konstruksi bangunan. Hal tersebut terkait dalam pemilihan desain dan bahan yang digunakan dalam perencanaan bangunan konstruksi tersebut. Rencana Anggaran Biaya proyek bangunan gedung disusun seoptimal dan seefisien mungkin dengan mutu dan kualitas yang tetap terjamin. Pada beberapa bagian bangunan gedung ada yang memiliki biaya yang besar, namun bagian tersebut masih dapat dioptimalisasi dengan cara pengefisienan kembali.

Aspek pembiayaan yang besar menjadi pusat perhatian untuk dilakukan analisa kembali dengan tujuan untuk mencari penghematan. Hal tersebut memunculkan banyak alternatif-alternatif yang dijadikan dasar untuk melakukan kajian yang sifatnya tidak mengoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat perencana maupun mengoreksi perhitungannya namun lebih mengarah kepenghematan biaya. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) agar biaya-biaya dan usaha-usaha yang tidak diperlukan dapat dihilangkan sehingga nilai atau biaya proyek tersebut dapat berkurang.

Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) adalah suatu cara pendekatan kreatif dan terencana dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya yang tidak perlu. Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) digunakan untuk mencari suatu alternatif-alternatif atau ide-ide yang bertujuan untuk

menghasilkan biaya yang lebih baik / lebih rendah dari harga yang direncanakan sebelumnya dengan batasan fungsional dan mutu pekerjaan.

Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang terdiri dari 5 lantai yang berlokasi di kawasan Puncak Dieng yang merupakan kampus III Universitas Brawijaya Malang, dimana fungsi bangunan sendiri adalah laboratorium hewan dan untuk ruang perkuliahan. Pada struktur tengah bangunan menggunakan beton bertulang, dikarenakan aspek biaya yang dikeluarkan cukup besar serta terjadi pemborosan waktu, tenaga dan pikiran, maka peneliti coba mengganti desain struktur tengah dengan alternatif-alternatif desain yang lain tanpa mengurangi mutu atau kekuatan struktur dengan menerapkan Rekayasa Nilai.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam pelaksanaan proyek pembangunan gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang diantaranya :

1. Apa alternatif struktur tengah yang paling efisien dan efektif dengan menerapkan Rekayasa Nilai pada proyek pembangunan gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang?
2. Berapa penghematan biaya yang diperoleh dari penerapan Rekayasa Nilai?

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini ruang lingkup dan batasan masalahnya adalah:



1. Rekayasa Nilai dilakukan pada pekerjaan pembangunan gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang, dalam hal ini pelaksanaan pekerjaan struktur tengah
2. Analisa Rekayasa Nilai dilakukan pada pekerjaan struktur tengah dengan beberapa alternatif pembanding untuk menentukan suatu pilihan terbaik sesuai dengan kriteria yang dikehendaki.
3. Anggaran biaya dan harga satuan diambil sesuai dengan data yang ada pada Rencana Anggaran Biaya.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan:

1. Menemukan alternatif terbaik yang dapat mengganti desain awal item pekerjaan.
2. Untuk mengetahui penghematan biaya yang tercapai sebelum dan sesudah dilakukan Rekasaya Nilai.

#### **1.5 Manfaat**

1. Memberikan informasi atau rekomendasi baik kepada owner, perencana maupun pelaksana mengenai penghematan biaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan pekerjaan.
2. Memberikan informasi bagi mahasiswa terutama mahasiswa Teknik Sipil tentang cara menerapkan penghematan biaya pada proyek konstruksi.
3. Memberikan informasi serta menambah pengetahuan kepada masyarakat bahwa dengan penerapan Rekayasa Nilai dapat menghemat biaya tanpa mengurangi mutu atau kualitas produk atau proyek.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penulisan ini penulis mengambil beberapa tulisan dan jurnal yang terkait dengan bahasan yang akan penulis angkat dalam penelitian ini. Adapun maksud dan tujuan dari hal tersebut adalah untuk memudahkan penyusunan penelitian ini.

**Jumati (2005)**, mengambil judul Analisa Rekayasa Nilai Dengan Metode *Fast & Analytical Hierarchy Proses* pada Proyek Gedung Regional Indosat Semarang. Aspek yang dipertimbangkan adalah aspek keawetan, pengawasan mutu, kekuatan dan biaya. Untuk mendapatkan hasil perencanaan yang baik digunakan Metode AHP. Sebelumnya dilakukan perbandingan cost/worth untuk mencari biaya yang tidak diperlukan dengan menggunakan analisa fungsi. Analisa fungsi tersebut berdasarkan fungsi-fungsi yang terpilih oleh Fast. Sedangkan item pekerjaan dalam Fast didapatkan dari analisa Pareto dan breakdown cost model. Dari hasil tahap rekomendasi untuk pekerjaan Rekayasa Nilai didapatkan penghematan biaya proyek sebesar Rp. 233.506.279,6 atau 1.08 % dari total biaya proyek sebesar Rp 21.568.714.275,62.

**Pradana (2012)**, mengambil judul Aplikasi Value Engineering pada Struktur Tengah Proyek Pembangunan Hotel OJ Malang. Aspek yang dipertimbangkan adalah aspek estetika, keawetan, pengawasan mutu, kekuatan dan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari tiga alternatif material berdasarkan analisis Keuntungan dan Kerugian dan analisis Kelayakan,

kemudian dianalisa kembali yang terbaik, baik dari segi analisa biaya dan analisa non biaya. Dari ketiga alternatif yang terpilih dianalisis diperoleh struktur tengah gedung dengan baja profil castella yang memenuhi syarat kekuatan dan memberikan biaya yang paling efisien penghematan yang didapat sebesar Rp. 1.689.948.548,64 atau sebesar 0,17 % dari biaya awal.

**Winata dan Santoso (2011)**, mengambil judul Penerapan Rekayasa Nilai Pada Suatu Proyek Rumah Tinggal. Aspek yang dipertimbangkan adalah aspek estetika, keawetan dan biaya. Tahap analisa meliputi analisa keuntungan dan kerugian, analisa life cycle cost, dan AHP, sedangkan pada tahap rekomendasi, dilakukan evaluasi dengan metode weightmatrix. Berdasarkan hasil dari penerapan rekayasa nilai pada rumah tinggal tersebut, dilakukan analisa terhadap 5 (lima) item pekerjaan arsitektur dan finishing yang berbiaya tinggi yaitu pekerjaan plafond, pekerjaan kanopi, pekerjaan dinding, pekerjaan pelapis dinding travertine, dan pekerjaan penutup atap dengan total penghematan sebesar Rp 1,831,784,391.00 atau 6.6% dari total anggaran pekerjaan arsitektur dan finising.

Pada penulisan skripsi ini yang membedakan dengan penelitian yang pernah dilakukan diatas adalah metode yang digunakan pada penelitian. Dimana penulis menggabungkan dua metode yang digunakan pada penelitian terdahulu yaitu metode analisa keuntungan dan kerugian serta metode analisa biaya dan non biaya.

## **2.2 Pengertian Rekayasa Nilai**

Secara umum pengertian dari Rekayasa Nilai adalah teknik yang menggunakan pendekatan dengan menganalisis nilai terhadap fungsinya.

proses yang ditempuh adalah menekankan pengurangan biaya sejauh mungkin dengan tetap memelihara kualitas serta reabilitas yang diinginkan. Sedangkan Rekayasa Nilai menurut para ahli adalah sebagai berikut:

- 1) Rekayasa nilai adalah Usaha yang terorganisasi secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis).  
*(Iman Soeharto, 1995 yang dikutip dari Society Of American Value Engineers)*
- 2) Rekayasa Nilai adalah Evaluasi sistematis atas desain engineering suatu proyek untuk mendapatkan nilai yang paling tinggi bagi setiap dolar yang dikeluarkan. Selanjutnya Rekayasa Nilai mengkaji dan memikirkan berbagai komponen kegiatan seperti pengadaan, pabrikasi, dan konstruksi serta kegiatan-kegiatan lain dalam kaitannya antara biaya terhadap fungsinya, dengan tujuan mendapatkan penurunan biaya proyek secara keseluruhan.  
*(E.R. Fisk 1982)*
- 3) Rekayasa Nilai adalah Sebuah teknik dalam manajemen menggunakan pendekatan sistematis untuk mencari keseimbangan fungsi terbaik antara biaya, keandalan dan kinerja sebuah proyek. *(Dell'Isola)*
- 4) Rekayasa Nilai adalah suatu pendekatan yang terorganisasi dan kreatif yang bertujuan untuk mengadakan pengidentifikasian biaya yang tidak perlu. Biaya yang tidak perlu ini adalah biaya yang tidak memberikan kualitas, kegunaan, sesuatu yang menghidupkan penampilan yang baik ataupun sifat yang diinginkan oleh konsumen. ( *Miles 1971 dalam Barrie dan Poulson 1984*)

- 5) Rekayasa Nilai adalah penerapan sistematis dari sejumlah teknik untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi suatu benda dan jasa dengan memberi nilai terhadap masing-masing fungsi yang ada serta mengembangkan sejumlah alternatif yang memungkinkan tercapainya fungsi tersebut dengan biaya total minim. (*Heller 1971 dan Hutabarat 1995*)
- 6) Rekayasa Nilai 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 dan biaya serendah-rendahnya, yaitu dengan batasan fungsional dan tahapan rencana tugas yang dapat mengidentifikasi dan menghilangkan biaya-biaya dan usaha-usaha yang tidak diperlukan atau tidak mendukung. (*Donomartono 1999*)
- 7) Rekayasa Nilai adalah sebuah pendekatan yang bersifat kreatif dan sistematis dengan tujuan untuk mengurangi/ menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan. (*Zimmerman dan hart, 1982*).

Ada anggapan bahwa Rekayasa Nilai hanya untuk mengkritik proyek yang akan didesain atau yang sudah didesain. Anggapan tersebut kurang tepat karena Rekayasa Nilai bukanlah menurut (*Zimerman and Hart,1982*) :

- *A design review* yaitu mengoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat oleh perencana, atau melakukan perhitungan ulang yang sudah dibuat oleh perencana.

- *A cost cutting proses* yaitu proses menurunkan biaya dengan mengurangi biaya satuan serta mengorbankan mutu, keandalan dan penampilan dari yang dihasilkan.
- *A requirement done all design* yaitu ketentuan yang ada pada setiap desain, akan tetapi lebih berorientasi pada biaya yang sesungguhnya dan analisa fungsi.
- *Quality control* yaitu kontrol kualitas dari suatu produk karena lebih dari sekedar meninjau ulang status keandalan suatu desain.

Sebelum membahas lebih jauh, terlebih dahulu kita harus mengetahui apa yang dimaksud dengan nilai, biaya dan fungsi itu sendiri.

### **2.2.1 Nilai**

Arti nilai (*value*) sulit dibedakan dengan biaya (*cost*) atau harga (*price*). Nilai mengandung arti subyektif apalagi bila dihubungkan dengan moral, estetika, sosial, ekonomi. Pengertian nilai dibedakan dengan biaya karena hal-hal sebagai berikut (*soeharto, 2001:313*) :

- Ukuran nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaannya sedangkan harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya atau harga komponen-komponen yang membentuk barang tersebut.
- Ukuran nilai cenderung kearah subyektif sedangkan biaya tergantung kepada (*monetary value*) pengeluaran yang telah dilakukan untuk mewujudkan barang tersebut.

### **2.2.2 Biaya**

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi, dan mengaplikasikan produk.

Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, reabilitas dan maintainability karena ini akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai. Biaya pengembangan merupakan komponen yang cukup besar dari total biaya. Sedangkan perhatian terhadap biaya produksi amat diperlukan karena sering mengandung sejumlah biaya yang tidak perlu (unnecessary cost).

### **2.2.3 Fungsi**

Arti fungsi sangat penting dalam studi Rekayasa Nilai karena fungsi akan menjadi objek utama dalam hubungannya dengan biaya. Untuk mengidentifikasi fungsi L.D Miles menerangkan sebagai berikut :

1. Suatu sistem memiliki berbagai macam fungsi yang dibagi menjadi 2 kategori berikut ini.
  - a) Fungsi dasar, yaitu alasan pokok sistem itu terwujud. Misalkan kendaraan truk, fungsi pokoknya adalah sebagai alat pengangkut, dan inilah yang mendorong produsen membuatnya. Bila suatu peralatan kehilangan fungsi dasarnya, berarti alat tersebut akan kehilangan nilai jual dipasaran.
  - b) Fungsi kedua adalah kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya. Fungsi kedua kadang-kadang menimbulkan hal-hal yang tidak disukai. Misalnya untuk menggerakkan truk dipilih mesin diesel yang relatif murah bahan bakarnya, akan tetapi mengeluarkan asap hitam yang tidak disukai.
2. Untuk mengidentifikasi fungsi dengan cara yang mudah adalah dengan menggunakan kata kerja dan kata benda seperti yang terlihat pada table 2.1

**Tabel 2.1 Identifikasi fungsi menggunakan kata kerja dan kata benda.**

Nama Peralatan	Fungsi	
	Kata Kerja	Kata Benda
1. Truk	Mengangkut	Barang
2. Pompa	Mendorong	Air
3. Cangkul	Menggali	Tanah

Sumber : Soeharto, 2001. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta, Erlangga. Hal 315

Bila belum dapat menjelaskan fungsi dengan dua kata seperti diatas, berarti informasi yang tersedia masih kurang untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan fungsi yang dimaksud. Adapun hubungan antara nilai, biaya dan fungsi dijabarkan dengan memakai rumus-rumus sebagai berikut :

Nilai = Fungsi / Biaya, atau Nilai = Manfaat / Biaya

Dari rumus diatas maka nilai dapat ditingkatkan dengan cara sebagai berikut (Soeharto, 2001 :315) :

- a) Meningkatkan fungsi atau manfaat tanpa menambah biaya
- b) Mengurangi biaya dengan mempertahankan fungsi dan manfaat
- c) Kombinasi a dan b

### **2.3 Unsur-Unsur Rekayasa Nilai**

Rekayasa Nilai mempunyai kemampuan yang dapat dipakai sebagai alat bagi value analysis. Kemampuan itu dikenal sebagai unsur-unsur utama dari Rekayasa Nilai (*Key Element of Value Engineering*). Unsur-unsur tersebut adalah sebagai berikut (Dell'Isola, Alphonse J,1973) :

- Analisa fungsi
- Cost model



- Biaya siklus hidup
- Matriks evaluasi
- Functional Analysis Engineering
- Rencana kerja Value Engineering
- Kreativitas
- Cost and worth
- Human dynamics ( kebiasaan, penghalang dan sikap)
- Keserasian hubungan antara pemberi tugas, konsultan perencana dan konsultan Rekayasa Nilai

Setiap unsur diatas dipergunakan dalam Rekayasa Nilai dalam Rekayasa Nilai studi atau unsur-unsur diatas harus disertakan didalam penerapan Rekayasa Nilai studi untuk suatu proyek.

#### **2.4 Analisa Biaya untuk Rekayasa Nilai**

Pentingnya analisis biaya bertambah karena Rekayasa Nilai bertujuan untuk mengetahui hubungan fungsi uang sesungguhnya terhadap biaya yang diperlukan dan membarikan cara pengambilan keputusan mengenai usaha-usaha yang diperlukan selanjutnya.

Sebagai contoh bila ingin mengetahui struktur biaya bagi peralatan yang dijadikan objek studi Rekayasa Nila, maka total biaya dikelompokkan seperti pada table 2.2

**Tabel 2.2 Komponen-Komponen Total Biaya :**

<b>Komponen</b>	<b>%</b>
Material	30.0
Tenaga kerja	25.0
Testing dan inspeksi	4.0
Engineering dan kepenyediaan	6.0
Over head	30.0
Laba	5.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>

*Sumber : Soeharto, 2001. Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional. Jakarta, Erlangga. Hal 314*

### **2.5 Waktu Penerapan Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)**

Faktor penting yang harus diyakini adalah bahwa hampir semua desain proyek selalu mengandung biaya-biaya yang tidak perlu, bagaimanapun juga bagusnya tim perencana. Hal ini terjadi karena tidak mungkin menyelesaikan secara bersama sejumlah banyak detail untuk suatu proyek dengan tetap menjaga keseimbangan fungsional antara biaya, kinerja dan keandalan mutu tanpa tinjauan *VE* (Zimmerman, 1982).

Sifat dari desain konstruksi menuntut sedemikian banyak variabel dan penyelesaiannya dibatasi dalam waktu ketat sehingga perencana tidak sempat untuk meninjau ulang hal-hal tersembunyi yang mengakibatkan timbulnya biaya-biaya yang tidak perlu. Namun harus disadari bahwa timbulnya biaya-biaya yang tidak perlu didalam suatu desain bukan mencerminkan tingkat kemampuan profesional seorang perencana, tetapi lebih merupakan masalah manajerial (Zimmerman, 1982).

Secara umum, *VE* (*value engineering*) dapat diterapkan pada semua

jenis proyek yakni mulai dari gagasan awal hingga menjadi kenyataan atau disebut “daur hidup proyek konstruksi” (*the life cycle of construction project*) dimana pada setiap tahapannya adalah saling berhubungan, yaitu:

1. Konsep Dan Sudi Kelayakan (*Concept And Feasibility Studies*)
2. Rekayasa dan desain (*engineering and design*)
3. Pengadaan (*procurement*)
4. Kontruksi (*Construction*)
5. Memulai dan penerapan (*start up and implemenation*)
6. Operasi dan pemanfaatan (*operation or utilization*)

Setiap tahap diatas berhubungan satu sama lain, besarnya waktu dalam prosentase yang dibutuhkan masing-masing tahap tergantung jenis proyek yang dikerjakan.

Secara teoritis program *VE* dapat diaplikasikan pada setiap tahap sepanjang waktu berlangsungnya proyek tetapi lebih efektif bila program *VE* sudah diaplikasikan pada saat tertentu dalam tahap perencanaan untuk menghasilkan penghematan potensial yang sebesar-besarnya. Secara umum untuk mendapatkan penghematan potensial maksimum, pererapan *VE* harus dimulai sejak dini pada tahap konsep dan secara continue hingga selesainya perencanaan. Semakin lama saat menerapkan program *VE*, nilai penghematan akan semakin kecil. Sedangkan biaya yang diperlukan untuk mengadakan perubahan akibat adanya *VE* semakin besar. Pada suatu saat potensi penghematan dan biaya perubahan akan mencapai titik impas (*break even point*), yang berarti tidak ada penghematan yang dapat dicapai (*D. Mile, Lawrence, 1972*).

## 2.6 Rencana Kerja Rekayasa Nilai

Rencana kerja *Value Engineering* merupakan suatu studi untuk mengidentifikasi biaya yang tidak berguna dan mencoba menghilangkan dengan menampilkan ide-ide baru yang berkaitan dengan struktur tersebut dengan fungsi yang sama.

Keuntungan-keuntungan yang diperoleh dengan digunakannya rencana kerja *Value Engineering* :

1. Tujuan dapat dijabarkan secara singkat

Dengan digunakannya rencana kerja *Value Engineering* dapat mengidentifikasi keperluan proyek dan menilai sesuai dengan fungsinya.

2. Pendekatan yang terorganisir

Melalui rencana kerja *Value Engineering*, maka *Value Engineering* studi dapat diorganisir.

3. Rencana kerja dapat meminimumkan bagian-bagian yang memiliki biaya tinggi.

4. Bagian yang memerlukan biaya besar dapat diidentifikasi dengan menggunakan rencana kerja dan diusahakan dari biaya yang besar itu dapat ditekan.

5. Rencana kerja membantu orang berpikir secara mendalam

Dengan rencana kerja *Value Engineering*, orang dapat diberi motivasi untuk menampilkan beberapa ide, dapat membuat perbandingan secara terperinci dari ide-ide tersebut.

6. Rencana kerja merupakan suatu pendekatan yang objektif

Rencana kerja *Value engineering* membantu untuk melihat secara objektif suatu proyek.

Tahap-tahap rencana kerja Value Engineering yang dipakai pada tugas akhir ini terdiri dari empat tahap, yaitu: (*Dell'Isola*).

- a. Tahap Informasi
- b. Tahap Kreatif
- c. Tahap Analisa
- d. Tahap Rekomendasi/Penyajian dan Program Tindak Lanjut

### **2.6.1 Tahap Informasi**

Tahap informasi dari proses *Value Engineering* meliputi merumuskan masalah, mengumpulkan fakta, mengenal objek (produk) dengan mengkaji fungsi dan mencatat biaya.

Menurut (*Tjaturuno, 2006*) dalam tahap informasi terlebih dahulu mengetahui latar belakang untuk mendapatkan semua fakta yang dapat menentukan biayanya, mengumpulkan seluruh informasi tentang objek Rekasaya Nilai.

Tujuan dari tahap informasi adalah :

- Memperoleh pertimbangan yang mendalam mengenai sistem, struktur atau item-item yang dipelajari
- Menentukan masalah nilai melalui deskripsi fungsi dan taksiran biaya untuk menjalankan fungsi dasar

*Out put* pada tahap informasi adalah perkiraan biaya untuk melakukan fungsi dasar. Perkiraan biaya fungsi dasar ini kemudian dibandingkan dengan taksiran bagian dari seluruh bagian. Bila biaya seluruh bagian jauh melebihi

biaya fungsi dasar, kemungkinan besar peningkatan nilai bisa dilakukan.

### **2.6.2 Tahap Spekulasi/Kreatifitas**

Pada tahapan ini ide-ide diproduksi dan dilakukan pemikiran terhadap alternatif-alternatif lain yang dapat memenuhi kegunaan atau fungsi yang sama. Ketidakmampuan untuk menghasilkan ide baru adalah salah satu penyebab utama biaya tak perlu. Alternatif yang diusulkan mungkin dapat diperoleh dari usaha pengurangan komponen, penyederhanaan, atau modifikasi dengan tetap mempertahankan fungsi utama obyek. Dalam tahap spekulasi ini juga dipraktekkan penggunaan imajinasi dan pemunculan ide-ide baru yang mungkin tanpa memikirkan aspek kepraktisan maupun tingkat kesulitan dalam implementasinya. Ide-ide dan gagasan dapat diperoleh dari personil yang bekerja langsung di lapangan, dari vendor, ataupun dari pihak perencana. Tujuannya adalah untuk mendengar dan mencatat pertanyaan, ide atau pemikiran yang berkembang sebanyak mungkin, untuk kemudian menganalisisnya.

Dalam tahap kreatif ini, pembuatan ide dapat dikembangkan lebih luas dengan melakukannya dalam sebuah kelompok yang anggotanya dari bidang kerja yang berbeda. Dalam kelompok tersebut dipraktekkan apa yang dikenal sebagai brainstorming (pemunculan ide hasil pemikiran secara bebas).

Berlaku peraturan :

- Mengutarakan ide sebebaskan mungkin
- Tidak mengkritik suatu usulan atau pendapat
- Mendorong adanya ide-ide yang diluar kebiasaan atau tidak konvensional

Berikut ini beberapa pertanyaan kreatif yang mungkin muncul, sebagai berikut

:

- Apakah bagian tersebut benar-benar diperlukan?
- Dapatkah digunakan material yang tidak terlalu mahal?
- Apakah telah ditemukan proses atau cara baru yang lebih ekonomis untuk mengerjakan bagian-bagian objek?
- Sudahkah diusahakan penyederhanaan?

### **2.6.3 Tahap Analisa**

Pemilihan alternatif proyek hampir selalu berkaitan dengan penentuan layak tidaknya suatu alternatif proyek dilakukan dan menentukan yang terbaik dari alternatif-alternatif yang tersedia. Tujuan dalam memilih alternatif adalah untuk mendapatkan hasil yang optimal, oleh karena itu kriteria pemilihan akan dipengaruhi oleh situasi alternatif yang akan dipilih (*Pujawan, 1995*)

Menurut (*Pujawan, 1995*) prosedur pengambilan keputusan pada permasalahan-permasalahan ekonomi teknik adalah sebagai berikut :

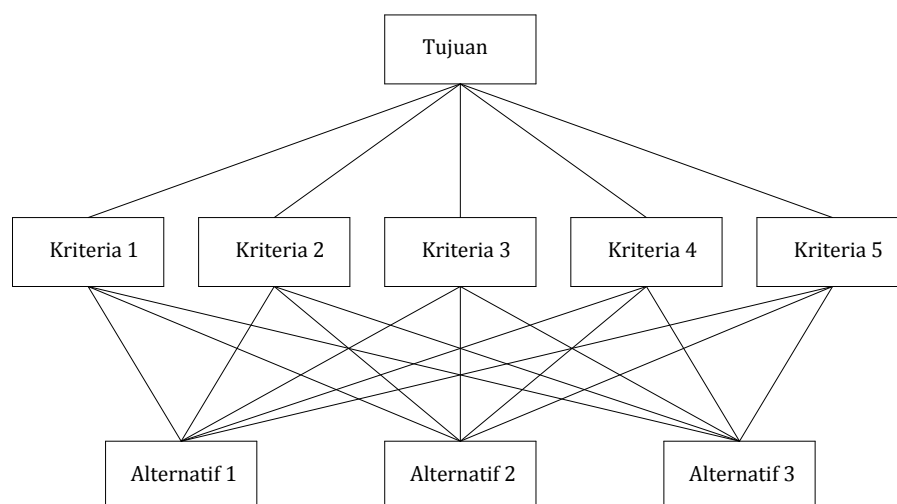
- Mengenali masalah yang terjadi
- Menentukan tujuan perencanaan yang digunakan sebagai dasar dalam membandingkan alternatif
- Mengidentifikasi alternatif-alternatif yang layak
- Menyeleksi alternatif-alternatif dengan ukuran teknik yang dipilih
- Melakukan analisa dari setiap alternatif
- Memilih alternatif yang baik dari analisa tersebut

Persoalan pengambilan keputusan pada dasarnya bentuk pemilihan dari berbagai alternatif keputusan yang mungkin dipilih dimana prosesnya melalui mekanisme tertentu, dengan harapan akan menghasilkan sebuah keputusan

yang terbaik.

➤ Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

*Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Menurut Saaty (1993), hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis.



**Gambar 2.1** Penyusunan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)



AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut (Saaty, 1993):

- 1) Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
- 2) Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.
- 3) Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Prosedur dalam menggunakan metode AHP terdiri dari beberapa tahap yaitu :

- 1) Menyusun hirarki dari permasalahan yang dihadapi. Penyusunan hirarki yaitu dengan menentukan tujuan yang merupakan sasaran sistem secara keseluruhan pada level teratas. Level berikutnya terdiri dari kriteria-kriteria untuk menilai atau mempertimbangkan alternatif-alternatif yang ada dan menentukan alternatif-alternatif tersebut. Setiap kriteria dapat memiliki sub kriteria dibawahnya dan setiap kriteria dapat memiliki nilai intensitas masing-masing.
- 2) Menentukan prioritas elemen dengan langkah-langkah sebagai berikut :
  - a) Membuat perbandingan berpasangan. Langkah pertama dalam menentukan prioritas elemen adalah membuat perbandingan berpasangan, yaitu membandingkan elemen secara berpasangan

sesuai kriteria yang diberikan. Untuk perbandingan berpasangan digunakan bentuk matriks. Matriks bersifat sederhana, berkedudukan kuat yang menawarkan kerangka untuk memeriksa konsistensi, memperoleh informasi tambahan dengan membuat semua perbandingan yang mungkin dan menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk merubah pertimbangan. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan, dimulai dari level paling atas hirarki untuk memiliki kriteria misalnya C, kemudian dari level dibawahnya diambil elemen-elemen yang akan dibandingkan, missal A1, A2, A3, A4, A5, maka susunan elemen-elemen pada sebuah matriks seperti pada tabel 2.3

**Tabel 2.3 Matriks perbandingan berpasangan**

<b>Kriteria</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Bobot</b>
<b>A</b>	1						
<b>B</b>		1					
<b>C</b>			1				
<b>D</b>				1			
<b>E</b>					1		
<b>F</b>						1	

b) Mengisi matriks perbandingan berpasangan

Untuk mengisi matrik perbandingan berpasangan yaitu dengan menggunakan bilangan untuk merepresentasikan kepentingan relatif dari satu elemen terhadap elemen lainnya yang dimaksud

dalam bentuk skala dari 1 sampai dengan 9. Skala ini mendefinisikan dan menjelaskan nilai 1 sampai 9 untuk pertimbangan dalam perbandingan berpasangan elemen pada setiap level hirarki terhadap suatu kriteria di level yang lebih tinggi. Apabila suatu elemen dalam matrik dan dibandingkan dengan dirinya sendiri, maka diberi nilai 1. Jika  $i$  dibanding  $j$  mendapatkan nilai tertentu, maka  $j$  dibanding  $i$  merupakan kebalikkannya. Pada tabel 2.4 memberikan definisi dan penjelasan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai tingkat kepentingan suatu elemen dengan elemen lainnya.

**Tabel 2.4 Skala kuantitatif dalam mendukung keputusan**

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
9	Satu elemen mutlak penting dari elemen yang lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara 2 nilai pertimbangan yang berdekatan	Niali ini diberikan bila ada kompromi diantara 2 pilihan
Kebalikan	Jika aktifitas i mendapatkan satu angka dibanding aktifitas j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i	

3) Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya.

Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.

4) Mengulangi langkah 2 dan 3 untuk seluruh tingkat hirarki.

5) Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan, yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan. Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata.

6) Memeriksa konsistensi hirarki. Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat indeks konsistensi. Konsistensi yang

diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10 persen.

Evaluasi dilaksanakan untuk menentukan dari sejumlah pilihan yang terbaik untuk dipelajari lebih lanjut dan yang memberikan potensi terbesar untuk pengurangan biaya (Iskandar, 2011).

Adapun teknik yang digunakan pada tahap analisa ini adalah :

- Memberikan tanda disetiap alternatif
- Menyusun alternatif berdasarkan peringkatnya
- Membandingkan keuntungan dan kerugian dari setiap alternatif yang dinilai
- Menyempurnakan alternatif yang ada
- Memilih alternatif untuk perkembangan selanjutnya

Oleh karena itu pada tahap ini dilakukan analisa dengan konsep konvergensi untuk mendapatkan alternatif terbaik.

Tahap dari analisa ini adalah :

- Memperkirakan nilai rupiah dari setiap alternatif
- Mengevaluasi dan menguji alternatif yang dihasilkan pada tahap spekulasi
- Menentukan salah satu alternatif yang memberikan kemampuan penhematan biaya terbesar dengan mutu, penampilan dan reabilitas yang terjamin.

#### **2.6.4 Tahap Rekomendasi/Penyajian dan Program Tindak Lanjut**

Ini adalah tahap akhir proses Rekayasa Nilai, yang terdiri dari persiapan dan penyajian kesimpulan hasil Rekayasa Nilai kepada yang berkepentingan. Laporan hanya menyetengahkan fakta dan informasi untuk mendukung argumentasi. Semua varians aspek teknik dan biaya desain semula dibandingkan hasil Rekayasa Nilai dipaparkan dengan jelas. Jadi, laporan akhir akan berisi sebagai berikut :

- Identitas objek atau proyek
- Penjelasan fungsi masing-masing komponen dan keseluruhan komponen, sebelum dan sesudah dilakukan Rekayasa Nilai
- Perubahan desain (pengurangan, peningkatan) yang diusulkan
- Total penghematan biaya yang akan diperoleh

Disamping hal-hal diatas, sering pula diperlukan keterangan teknis bahwa kinerja proyek secara keseluruhan (bukan hanya objek yang sedang dikaji) tidak akan tergantung oleh perubahan sebagai dampak Rekayasa Nilai.

### **2.7 Perhitungan Analisa Biaya**

#### **2.7.1 Harga Satuan Pekerjaan**

Harga satuan pekerjaan merupakan jumlah harga bahan dan tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisa. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu bahan yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah berbeda-beda, jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan harus perpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan.

Sebelum menghitung dan menyusun harga satuan pekerjaan seorang harus mampu menguasai pemakaian analisa BOW (*Burgelijke Openbare Werken*), yaitu ketentuan dan ketetapan umum yang ditetapkan pada tanggal 28 februari 1921 No. 5327 saat pemerintahan belanda.

Analisa bow hanya dapat dipergunakan untuk pekerjaan pada karya yang memakai peralatan konvensional. Sedangkan bagi pekerjaan yang menggunakan peralatan modern/alat berat, analisa BOW tidak dapat dipergunakan, namun analisa masih dapat dipergunakan sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya bangunan.

### **2.7.2 Analisa Upah dan Bahan**

Analisa upah dan bahan dalam suatu pekerjaan adalah merupakan perhitungan banyaknya volume masing-masing bahan, serta biaya yang dibutuhkan. Sedangkan yang dimaksud analisa upah adalah menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan serta biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut. Sebagai sumber harga satuan dan upah yang dipasaran, tempat lokasi pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Perhitungan pada analisa bahan dan upah harus dilakukan dengan teliti agar didapat harga satuan pekerjaan yang tepat.

## **2.8 Rencana Anggaran Biaya**

### **2.8.1 Pengertian**

Perencanaan anggaran biaya merupakan bagian terpenting dalam menyelenggarakan pembuatan bangunan atau proyek. Membuat anggaran biaya berarti menganalisis atau memperkirakan harga dari suatu barang, bangunan atau benda yang akan dibuat seteliti mungkin cermat dan memenuhi

persyaratan.

Rencana anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan biaya yang dikeluarkan atau diselenggarakan dalam suatu dengan prinsip yang efektif dan efisien serta aman. Rencana anggaran biaya suatu proyek untuk suatu bangunan yang sama kemungkinan akan berbeda dimasing-masing tempat karena tiap tempat atau daerah memiliki harga bahan dan upah yang berbeda.



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian Rekayasa Nilai dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Kampus III Universitas Brawijaya Malang.

#### **3.2 Proses Penelitian**

Adapun tahapan dalam penelitian Rekayasa Nilai pada Proyek Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang sebagai berikut :

##### **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 pustaka, internet, peraturan-peraturan, Departemen Pekerjaan Umum dan peraturan-peraturan lainnya yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan tabahan pengetahuan.

##### **3.2.2 Data penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu :

a) Data primer

Data primer merupakan sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara). Data primer dapat berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan, dan hasil pengujian.

b) Data sekunder

Data sekunder adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisa Rekayasa Nilai. Data sekunder, diantaranya data mengenai daftar harga satuan dan analisa pekerja, data bahan atau material bangunan yang digunakan, data alat-alat berat, peraturan-peraturan bangunan gedung dari Departemen Pekerjaan Umum dan data-data lainnya yang dapat dijadikan referensi dalam menganalisa Rekayasa Nilai, dan Studi literatur (diktat, jurnal, *hand book*) serta penelitian Rekayasa Nilai sebelumnya.

### **3.2.3 Metode pengumpulan data**

Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara :

a) Metode pengambilan data primer

Yaitu metode dengan cara melakukan survey langsung pada konsultan maupun pelaksana yang menangani proyek tersebut. Selain itu peneliti juga melakukan obresvasi langsung kelokasi proyek tersebut

b) Metode pengambilan data sekunder

Yaitu metode dengan cara melakukan survey langsung pada instansi- instansi atau perusahaan-perusahaan yang dianggap berkepentingan,

meliputi konsultan, kontraktor pemborong, instansi yang menangani masalah jasa dan konstruksi bangunan.

### **3.2.4 Analisa Data**

Dari data-data yang telah dikumpulkan dilakukan analisa Rekayasa Nilai untuk menghasilkan adanya suatu penghematan biaya atau *saving cost*. Analisa Rekayasa Nilai dilakukan empat tahap, yaitu :

#### **3.2.4.1 Tahap Informasi**

Dalam tahap ini, mengumpulkan informasi proyek maupun data-data yang diperlukan berupa :

##### 1) Deskripsi Proyek

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang

Lokasi : Kampus III Universitas Brawijaya Kawasan Puncak Dieng Malang

Kontraktor Pelaksana : PT. WIDYA SATRIA

Konsultan Pengawas : CV. KOSA MATRA GRAHA

Konsultan Perencana : PT. TISAGA Consultant

2) Data primer merupakan sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara).

3) Data sekunder adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisa Rekayasa Nilai.

#### 4) Breakdown Cost Model

Pada model ini sistem dipecahkan dari elemen tertinggi sampai elemen terendah, dengan mencantumkan biaya untuk melukiskan distribusi pengeluaran. Selain biaya nyata yaitu biaya dari hasil desain yang tidak ada, dicantumkan juga nilai manfaat, yang merupakan hasil estimasi tim Rekayasa Nilai berupa biaya terendah untuk memenuhi fungsi dasar.

**Tabel 3.1 Breakdown Biaya**

No.	Item Pekerjaan	Biaya		Komulatif	
		(Rp)	(%)	(Rp)	(%)

#### 5) Analisa Fungsi

Analisa fungsi bertujuan untuk:

- a. Mengklasifikasikan fungsi-fungsi utama (basic function) maupun fungsi-fungsi penunjang (secondary function)
- b. Mendapatkan perbandingan antara biaya dengan nilai manfaat yang dibutuhkan untuk menghasilkan fungsi tersebut.

**Tabel 3.2 Analisa Fungsi**

No.	Uraian	Kata Kerja	Fungsi Kata Benda	Jenis	Cost (Rp)	Worth (Rp)
	1	2	3	4	5	6
Jenis		B = basic S = Sekunder		Σ		

Analisa fungsi dilakukan dengan membuat tabel atau format analisa fungsi sebagai berikut:

Keterangan:

Kolom 1: Daftar semua uraian subitem yang terdapat dalam bagian yang kita tinjau.

Kolom 2: Definisi tindakan atau fungsi dari subitem dalam kata kerja aktif.

Kolom 3: Definisi kata benda dari fungsi yang ditinjau.

Kolom 4: Penggolongan jenis fungsi, dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

- Fungsi utama "P" (Primer)
- Fungsi sekunder "S" (Sekunder)

Kolom 5: Biaya yang diperkirakan (Estimate Cost) dari setiap fungsi, baik primer maupun sekunder.

Kolom 6: Biaya terendah yang diperlukan untuk bisa memenuhi fungsi yang diinginkan.

Nilai cost didapat dari rencana biaya existing

Nilai worth didapat dari biaya terkecil (minimum) untuk menjalankan fungsi dasar dengan cara yang paling sederhana, berdasarkan teknologi yang ada. (Tjaturono, 2007:37)

Penentuan cost/worth ratio

Cost/Worth jika  $> 1$  layak untuk di Rekasaya Nilai

#### **3.2.4.2 Tahap Spekulasi/Kreatifitas**

Tahap kreatif Rekasaya Nilai adalah melakukan eksplorasi ide – ide dan gagasan alternatif. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah teknik *Brainstoming*, yaitu salah satu teknik penyelesaian masalah dengan cara diskusi bersama dalam sebuah tim. Prinsip dasar dari teknik ini adalah :

- Kuantitas ide lebih diutamakan.
- Dilakukan kombinasi dan improvisasi ide.
- Semua ide ditampung tanpa dilakukan pengkritisan atau evaluasi terhadap ide yang ada.

**Tabel 3.3 Form Pengumpulan Alternatif Item Kerja**

Tahap Kreatif Pengumpulan Alternatif	
Proyek :	
Lokasi :	
Item :	
Fungsi :	
Desain Original :	
No.	Alternatif

### **3.2.4.3 Tahap Analisa**

Pada tahap ini ide-ide yang muncul pada tahap spekulasi dianalisis dan dikritik, dilakukan evaluasi terhadap setiap ide yang tertampung pada tahap spekulasi untuk melihat apakah ide tersebut bisa untuk dikembangkan lebih lanjut dan direkomendasi sebagai hasil yang member nilai tambah.

Analisa ini dilakukan dengan analisa keuntungan dan kerugian yang mana pada tahap analisis ini mempunyai tujuan untuk memperoleh dan mendapatkan alternatif yang terbaik dari ide-ide atau gagasan-gagasan yang muncul pada tahap spekulasi.

#### **3.2.4.3.1 Analisa Keuntungan dan Kerugian**

Analisa Keuntungan dan kerugian merupakan tahap penyaringan yang paling kasar diantara metode penilaian yang dipakai dalam tahap penilaian

**Table 3.4 Analisa Keuntungan dan Kerugian**

No	Ide yang dipilih	Keuntungan	Kerugian
1.			
2.			
3.			

### **3.2.4.3.2 Pengukuran Alternatif dan Penilaian Alternatif**

Pengukuran dan penilaian alternatif dilakukan berdasarkan gabungan kriteria biaya dan kriteria non biaya.

#### **1. Analisa Penilaian dengan kriteria Biaya (LCC)**

*Life Cycle Cost* dari item yang diperhitungkan selama masa investasi dengan dari seluruh biaya-biaya yang relevan dengan item tersebut berdasar pada pertimbangan *time value of money*.

Biaya-biaya yang relevan atau biaya yang dikeluarkan selama masa investasi antara lain :

- 1) *Initial cost* yang merupakan biaya awal yang dikeluarkan pada saat pelaksanaan konstruksi. Untuk *initial cost* diambil dari analisa biaya desain awal dengan harga satuan sesuai peraturan pemerintah setempat
- 2) *Operational* merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan karena pemakaian tenaga kerja
- 3) *Maintenance* merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan sesuai rencana selang waktu tertentu untuk penggantian item. *Cost maintenance* merupakan hal yang spesifik tapi bukan prioritas tertinggi
- 4) *Replacement* merupakan biaya penggantian atas suatu item dimana diluar yang kita rencanakan harus diganti. Pada saat masa investasi diasumsikan



tidak diadakan penggantian-penggantian

- 5) *Energy cost* adalah biaya yang keluar akibat pemakaian daya/*energy*
- 6) Nilai sisa merupakan harga yang ada pada saat penghabisan masa investasi (termasuk biaya pemindahan). Diasumsikan bahwa setelah habis masa investasi tidak terdapat nilai sisa karena item yang dianalisa diasumsikan tidak dijual lagi.

## 2. Analisa Penilaian dengan kriteria non Biaya (MDCM)

Salah satu bentuk dari analisa ide-ide kreatif ini membahas penilaian dengan sangat subjektif karena sulit untuk mendapatkan nilai yang ideal. Oleh karena itu diperhitungkan peringkat alternatif dari struktur yang akan digunakan. Aspek yang diperhitungkan :

**Tabel 3.5 Perhitungan kriteria terhadap tujuan**

No	Aspek	Uraian
A	Estetika	Keindahan
B	Pelaksanaan dilapangan	Kemudahan dalam pelaksanaan
C	Keawetan	Ketahanan material
D	Pengawasan mutu	Mutu bahan konstruksi
E	Kekuatan	Kekuatan struktur balok dan kolom
F	Biaya	Mahal dan Murah

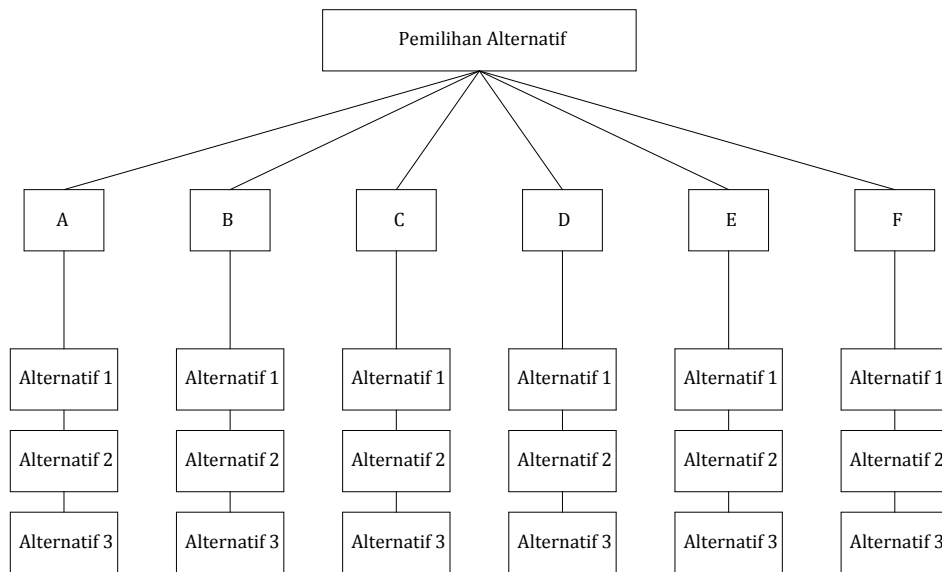
Selanjutnya mencari bobot dari masing-masing kriteria dengan menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) :

### 1) *Analytical Hierarchy Process*

Penentuan bobot kriteria menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), karena *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah sebuah

hierarkhi fungsional dengan input utamanya persepsi manusia. AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. AHP dapat memecahkan masalah yang kompleks dengan penggunaan aspek atau kriteria yang diambil cukup banyak dan juga kompleks. Ini disebabkan oleh struktur masalah yang belum jelas ketidakpastian persepsi pengambilan keputusan serta ketidakpastian tersedianya data statistik yang akurat atau bahkan tidak ada sama sekali. AHP mampu menganalisa tujuan maupun alternatif yang bersifat kualitatif. Tujuan utama AHP adalah untuk memutuskan kasus multi kriteria dengan menggabungkan faktor kualitatif dan kuantitatif di dalam keseluruhan evaluasi alternatif-alternatif yang ada guna memenuhi tujuan dari permasalahan yang dihadapi. Pada dasarnya langkah-langkah dalam AHP meliputi :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hierarkhi yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan subtujuan-subtujuan, kriteria dan kemungkinan alternatif-alternatif pada tingkatan kriteria yang paling bawah.



**Gambar 3.1 Penyusunan Analytical Hierarchy Procces (AHP)**

3. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya. Perbandingan dilakukan berdasarkan “*judgement*” dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Penentuan prioritas (Tabel 3.3), menurut Thomas L. Saaty (1993) dengan menetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai perbandingan.

**Tabel 3.6 Skala kuantitatif dalam mendukung keputusan**

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek
9	Satu elemen mutlak penting dari elemen yang lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara 2 nilai pertimbangan yang berdekatan	Niali ini diberikan bila ada kompromi diantara 2 pilihan
Kebalikan	Jika aktifitas i mendapatkan satu angka dibanding aktifitas j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i	

4. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh *judgement* seluruhnya sebanyak  $n \times [(n-1)/2]$  buah, dengan  $n$  adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.

- Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya, jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi dengan cara iterasi.

**Tabel 3.7 Matriks perbandingan berpasangan**

Kriteria	A	B	C	D	E	F	Bobot
A	1						
B		1					
C			1				
D				1			
E					1		
F						1	

Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai vektor eigen merupakan bobot setiap elemen. Langkah ini untuk mensintesis penilaian (*judgement*) dalam penentuan skala prioritas pada tingkat hierarkhi terendah sampai pencapaian tujuan.

- Memeriksa konsistensi hierarkhi, jika nilainya lebih dari 10% maka penilaian (*judgement*) data harus diperbaiki.

**Tabel 3.8 Metode *Analytical Hierarchy Process* untuk menentukan bobot**

Kriteria	No	Kriteria						Total	Bobot
		A	B	C	D	E	F		
Estetika	A								
Pelaksanaan dilapangan	B								
Keawetan	C								
Pengawasan mutu	D								
Kekuatan	E								
Biaya	F								

**Tabel 3.9 Analisa Pengambilan Keputusan**

No	Alternatif	Bobot kriteria						Total	Rangking	Pilih
		A	B	C	D	E	F			
1.										
2.										
3.										

Kriteria yang dinilai :

A : Estetika	4 = Sangat Baik	3 = Indah
	2 = Cukup indah	1 = jelek
B : Pelaksanaan dilapangan	4 = Mudah	3 = Cukup mudah
	2 = Cukup sulit	1 = Sulit
C : Keawetan	4 = Sangat awet	3 = Awet
	2 = Cukup awet	1 = tidak awet
D : Pengawasan mutu	4 = Mudah	3 = Cukup mudah
	2 = Cukup sulit	1 = Sulit
E : Kekuatan	4 = Sangat kuat	3 = Kuat
	2 = Cukup kuat	1 = Tidak kuat
F : Biaya	4 = Lebih murah	3 = Murah
	2 = Mahal	1 = Sangat mahal

#### **3.2.4.4 Tahap Penyajian dan Tindak Lanjut**

Ini adalah tahap akhir dari proses Rekayasa Nilai, yang terdiri dari persiapan dan penyajian kesimpulan hasil Rekayasa Nilai kepada pihak yang berkepentingan. Laporan hanya mengetengahkan fakta dan informasi untuk mendukung argumentasi. Semua varian aspek teknik dan biaya desain semula dibandingkan hasil Rekayasa Nilai dipaparkan dengan jelas.

### 3.3 Teori Dasar StaadPro (*Structure Analysis and Design Profesional*)

Program StaadPro merupakan generasi terbaru dari program Staad III. Permodelan struktur dan perhitungan program bantu ini memakai metode elemen (*finite element method*) hingga yang bekerja berdasar pada suatu konsep dimana suatu kontinum dibagi menjadi beberapa elemen yang lebih kecil yang disebut elemen hingga. Elemen-elemen tersebut dihubungkan dengan satu atau lebih titik simpul (*node/joint*) dan membentuk sebuah geometri struktur.

Analisa statis dari struktur meliputi penyelesaian dari system linier yang secara umum berbentuk :  $[K][U] = [R]$

Dimana :  $[K]$  = matrik kekekakuan bahan

$[U]$  = vector dari perpindahan titik simpul (*joint*)

$[R]$  = vector pembebanan

### 3.4 Input StaadPro

Secara garis besar input StaadPro dapat dibagi menjadi beberapa item dasar yang paling signifikan yang dapat langsung diinputkan melalui editor program yaitu :

#### 1) *Geometri*

*Joint coordinates*

Digunakan untuk mendefinisikan koordinat dari tiap-tiap struktur

*Member incidences*

Batang/member yang terdiri dari dua titik/joint yang saling berhubungan

#### 2) *User steel table specification*

Pemilihan profil baja sesuai kebutuhan perencana dengan pemakaian

perintah user table. Penjelasan untuk parameter jenis profil baja (*section type*) General untuk profil yang tidak umum dipakai :

$A_x$  = luas penampang

$A_y$  = penampang geser searah sumbu lokal Y

$A_z$  = penampang geser searah sumbu lokal Z

$I_x$  = konstanta momen torsi

$I_y$  = momen inersia searah sumbu lokal Y

$I_z$  = momen inersia searah sumbu lokal Z

### 3) *Material constant*

Perintah ini digunakan untuk mendefinisikan konstanta material penampang batang/member yang akan dianalisis. Data ini diperlukan untuk pembentukan matrik massa pada analisa dinamik.

Meliputi konstanta-konstanta :

$E$  : modulus elastisitas material

*Poisson ratio* : perbandingan perubahan kearah samping

*Density* : berat jenis material/bahan

*Alpha* : koefisien pemuaian

### 4) *Support*

Digunakan untuk menentukan jenis perletakan pada struktur yang akan dianalisis, yaitu :

a. *Pined* adalah menunjukkan jenis tumpuan sendi

b. *Fixed* adalah menunjukkan jenis tumpuan jepit

c. *Fixed but* adalah menunjukkan jenis tumpuan rol



### 5) *Load* (pembebanan)

Jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur dapat kita inputkan sesuai macam dan arahnya juga, misalnya : beban mati, beban hidup, beban gempa dan sebagainya. Dengan menggunakan metode analisis ragam respons spectrum, perhitungan ragam respon untuk struktur gedung tidak beraturan dapat dilakukan dengan metode Kombinasi Kuadratik Lengkap (*Complete Quadratic Combination* atau *CQC*), atau dengan metode Akar Jumlah Kuadrat (*Square Root of Sum of Squares* atau *SRSS*).

### 6) *Load combination*

7) Untuk menentukan kombinasi pembebanan sesuai peraturan yang berlaku dan dapat di running langsung nantinya didalam program.

## **3.5 Output StaadPro**

Keseluruhan dari hasil analisa struktur StaadPro setelah di running dapat ditampilkan sedemikian hingga sesuai dengan kebutuhan perencana. Namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu perjanjian tanda pada diagram output StaadPro. Positif menandakan diatas garis dan negatif menandakan dibawah garis, kecuali pada gaya aksial yang menandakan bahwa positif elemen mengalami gaya tekan dan negatif elemen mengalami gaya tarik.

## **3.6 Struktur Baja**

Salah satu tahapan penting dalam perencanaan suatu struktur bangunan adalah pemilihan jenis material yang akan digunakan. Jenis-jenis material yang selama ini dikenal dalam dunia konstruksi antara lain adalah baja, beton bertulang serta kayu. Material baja sebagai bahan konstruksi telah digunakan sejak lama mengingat beberapa keunggulan dibandingkan material

lain. Beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi antara lain :

- 1) Mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga dapat mengurangi ukuran struktur. Hal ini cukup menguntungkan struktur-struktur jembatan yang panjang, gedung yang tinggi atau juga bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk.
- 2) Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja jauh lebih seragam/homogen serta mempunyai tingkat keawetan yang jauh lebih tinggi jika prosedur perawatan dilakukan semestinya
- 3) Sifat elastis baja mempunyai perilaku yang cukup dekat dengan asuransi-suransi yang digunakan untuk melakukan analisa, sebab baja dapat berperilaku elastis hingga regangan yang cukup tinggi mengikuti Hukum Hooke. Momen inersia dari suatu profil baja dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dalam proses analisa struktur
- 4) Daktilitas baja cukup tinggi, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik yang cukup besar sebelum terjadi reruntuhan
- 5) Beberapa keuntungan lain pemakaian baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan atas elemen yang satu dengan yang lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses gilas panas menakibatkan baja mudah dibentuk menjadi penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja.

Selain keuntungan-keuntungan yang disebutkan, material baja juga

memiliki beberapa kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan. Konstruksi baja yang berhubungan langsung dengan udara atau air, secara periode harus dicat. Perlindungan terhadap bahaya kebakaran juga harus menjadi perhatian yang serius, sebab material baja akan mengalami penurunan kekuatan secara drastic akibat kenaikan temperatur yang cukup tinggi, disamping itu baja merupakan konduktor panas yang baik, sehingga nyala api dalam suatu bangunan justru dapat menyebar dengan lebih cepat. Kelemahan lain dari struktur baja adalah masalah tekuk yang merupakan fungsi dari kelangsingan dari suatu penampang.

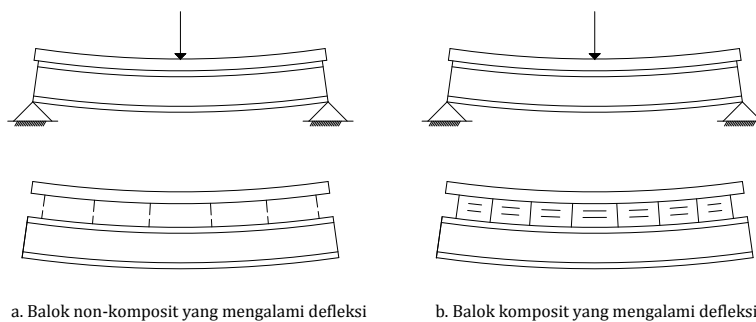
### **3.7 Struktur Baja Profil Wide Flange (komposit pelat)**

Pengertian baja profil WF komposit pelat adalah sistem konstruksi dimana terdapat interaksi dari dua bahan yang tidak sama atau sejenis dan berlainan mutu. Aksi komposit terjadi bila dua batang struktural pemikul beban seperti sistem lantai beton dan balok baja penyangganya digabungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan. Dalam hal ini momen inersia penampang komposit didaerah momem positif balok dapat diambil sebagai niali momen inersia yang berlaku disepanjang bentang balok yang ditinjau. Pada daerah momen negatif balok tegangan tarik pada beton diabaikan dan tulangan longitudinal yang berada dalam daerah efektif pelat beton dianggap mampu memberikan kekuatan untuk menahan momen yang terjadi.

Dalam memahami konsep perilaku komposit pertama-tama perlu diketahui perilaku non komposit dimana gesekan antara plat beton dan balok baja diabaikan, plat dan balok baja masing-masing memikul sebagai beban

secara terpisah. Bila plat mengalami deformasi karena beban vertikal, permukaan bawahnya berada dalam keadaan tarik dan mengalami perpanjangan, sedangkan permukaan atas balok baja tertekan dan mengalami perpendekan. Dengan demikian terjadi diskontinuitas pada bidang kontakannya. Karena gesekan diabaikan, hanya gaya-gaya internal vertikal saja yang bekerja diantara plat dan balok. Dengan menyelidiki distribusi regangan yang terjadi bila tidak ada interaksi antara plat beton dan balok baja maka momen perlawanan total (M)

$$\sum M = M_{\text{plat}} + M_{\text{balok}}$$



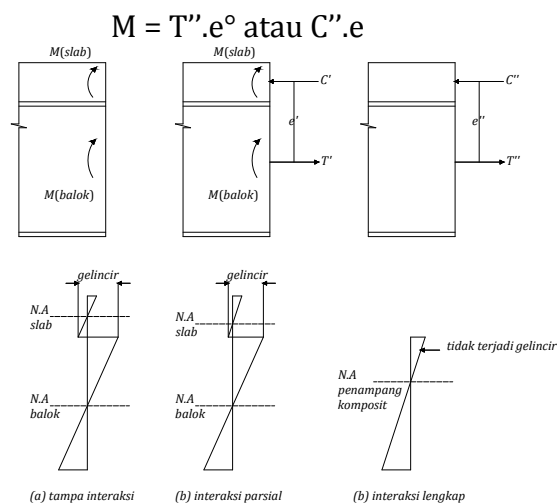
**Gambae 3.2 Perbandingan antara balok-balok yang mengalami defleksi dengan dan tanpa aksi komposit**

Pada keadaan seperti ini terdapat dua garis netral yaitu satu dititik berat plat dan lainnya dititik berat balok. Gelincir horisontal terjadi karena bagian bawah plat dalam tarik dan bagian atas balok dalam tekan juga terlihat.

Apabila terjadi interaksi parsial sumbu netral plat dan lebih dekat ke balok dan sumbu netral lebih dekat ke plat, sehingga gelincir horizontal menjadi berkurang. Akibat dari interaksi parsial ini adalah terjadinya sebagian gaya tekan dan gaya tarik maksimum C dan T, masing-masing pada plat dan balok baja sehingga momen tahanan pada penampang mengalami

pertambahan sebesar  $T'e'$  atau  $C'e'$ .

Bila suatu sistem bekerja secara komposit penuh diantara plat beton dan balok baja tidak akan terjadi gelincir. Dalam keadaan kondisi terjadilah garis netral tunggal yang terletak diatas garis netral balok dan dibawah garis netral plat. Gaya-gaya tekan dan tarik  $C''$  dan  $T''$  lebih besar daripada  $C'$  atau  $T'$  yang ada pada interaksi parsial. Momen ketahanan dari penampang yang sepenuhnya komposit adalah : (Charles G. Salmon dan John F Johnson, struktur Baja II, hal 579)

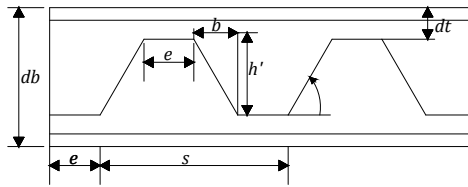


**Gambar 3.3 Variasi regangan pada balok-balok komposit**

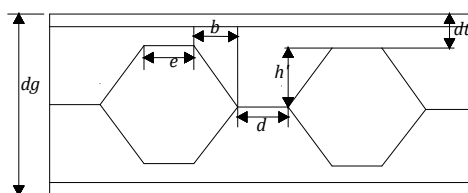
### 3.8 Struktur Baja Profil Castella

Balok Castella dibuat dengan memotong balok profil WF secara zig-zag sepanjang garis netral dengan menggunakan las sepanjang profil baja. Kemudian salah satu dari dua bagian yang sama dibalik dari ujungnya, setengah bagian dari potongan tersebut diputar sampai ujungnya bertemu ujung setengah dari bagian yang lain dan disatukan dengan las menjadi satu profil baja yang lebih tinggi hingga kurang lebih 1,54 kali profil aslinya dan berlubang ditengahnya yang berbentuk seperti sarang tawon. Tinggi profil

balok yang menjadi 1,54 kali profil aslinya kan dapat memberikan modulus section yang lebih besar.



*cut WF beam a long zig-zag line*



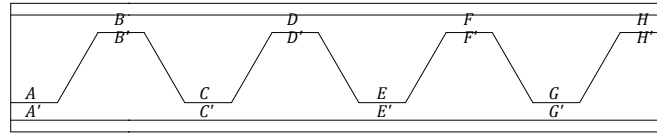
*open-web expanded beam*

**Gambar 3.4 Pola pemotongan profil**

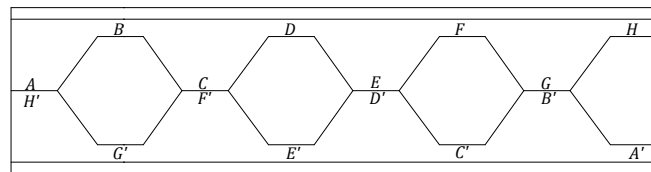
Dengan cara ini hampir tidak ada bahan yang terbuang. Konstruksi menjadi lebih ringan yaitu sekitar 35% lebih ringan dari pada menggunakan profil aslinya sehingga dapat menghemat bahan dan biaya pengangkutan serta biaya pemasangan sehingga dapat menekan biaya proyek secara keseluruhan. Hanya pada waktu pembuatan ada tambahan pekerjaan yaitu pemotongan profil secara zig-zag dan pengelasan untuk penggabungan profil. Penggunaan las yang baik akan menghasilkan kekuatan sambungan yang lebih besar dari material yang disambung. Lubang yang dihasilkan dapat dipakai sebagai tempat memasang saluran AC, pipa listrik dan sebagainya.

Untuk membuat profil Castella (*Castelated Beam*), yaitu dengan cara menumpuk atau menyatukan kembali puncak-puncak potongan profil tunggal tadi dengan las, sehingga didapat profil yang lebih tinggi 1,54 kali dari profil

aslinya dan berlubang ditengah-tengahnya yang menyerupai sarang tawon, untuk lebih jelas lihat gambar 3.4 dan 3.5



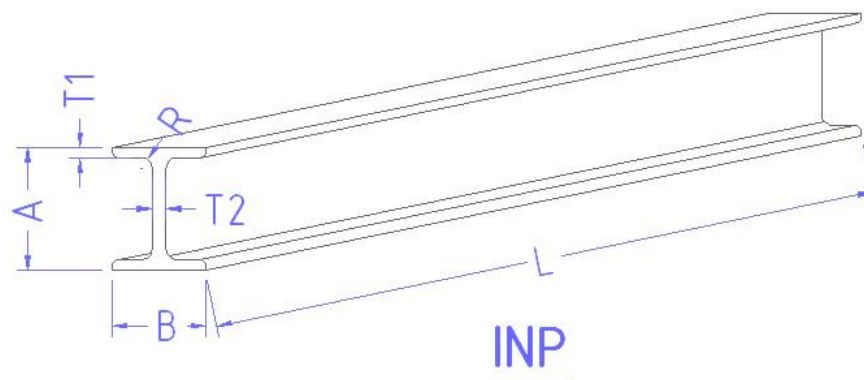
**Gambar 3.5 Pola pemotongan yang benar**



**Gambar 3.6 Pola penyambungan yang benar**

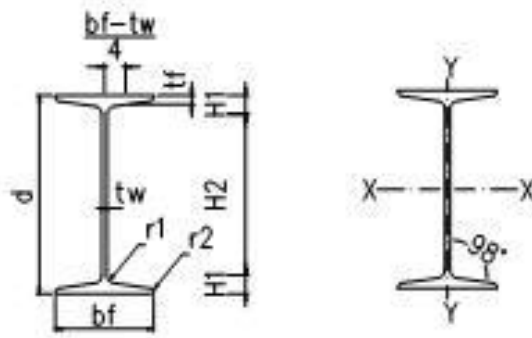
### 3.9 Struktur Baja Profil INP

Baja profil INP yaitu baja berupa batangan (lonjoran) dengan penampang berprofil dengan berbentuk I dengan panjang pada umumnya 6 meter (namun dapat dipesan di pabrik dengan panjang sampai 15 meter)



**Gambar 3.7 Pola Baja Profil INP**

Baja INP memiliki ukuran yang bermacam-macam dan bisa diaplikasikan terhadap item balok atau kolom yang sesuai standarisasi kekuatan, keamanan serta mutu yang diinginkan.



**Gambar 3.8 Detail Profil INP**

### 3.10 Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur masa layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Dan pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi struktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban dari elemen ke elemen dalam suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku, sedangkan masalah kombinasi dari beban-beban yang bekerja telah diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2 yang akan dibahas kemudian. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain :

- a) **Beban Mati**, adalah berat dari semua bagian suatu gedung/bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur termasuk unsur-unsur tambahan seperti, AC, lampu-lampu, penutup lantai dan plafond. Beberapa contoh berat dari beberapa komponen bangunan penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati suatu gedung diperlihatkan tabel 3.7



**Tabel 3.10 Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung**

<b>Bahan Bangunan</b>	<b>Berat</b>
Baja	7850 Kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara)	2400 kg/m <sup>3</sup>
<b>Komponen Gedung</b>	<b>Berat</b>
Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m <sup>2</sup>
Dinding bata merah ½ batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai ubin per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>

*Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*

- b) **Beban Hidup**, adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan suatu gedung termasuk beban ini adalah manusia, perabotan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan, dan barang-barang lain. Karena besar dan lokasi beban yang senantiasa berubah-ubah, maka penentuan beban hidup secara pasti adalah merupakan suatu hal yang cukup sulit. Beberapa contoh beban hidup menurut kegunaan suatu bangunan, ditampilkan dalam tabel 3.8

**Tabel 3.11 Beban Hidup pada Lantai Gedung**

<b>Kegunaan Bangunan</b>	<b>Berat</b>
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m <sup>2</sup>
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
Lantai ruang olah raga	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai pabrik, bengkel, gedung perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin, dan lain-lain	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai gedung parkir bertingkat untuk lantai atas	400 kg/m <sup>2</sup>
Lantai gedung parkir bertingkat untuk lantai bawah	800 kg/m <sup>2</sup>

*Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*

c) **Beban Angin**, adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung lokasi dan ketinggian dari struktur. Besarnya tekanan harus diambil minimum 25 kg/m<sup>2</sup>, kecuali untuk bangunan-banguna berikut :

- 1) Tekanan tiup ditepi laut hingga 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m<sup>2</sup>
- 2) Untuk bangunan didaerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40 kg/m<sup>2</sup>, harus diambil sebesar  $P = V^2/16$  (kg/m<sup>2</sup>), dengan V adalah kecepatan angin m/det
- 3) Untuk cerobong, tekanan tiup dalam kg/m<sup>2</sup> harus ditentukan dengan rumus  $(42,5+0,6 h)$ , dengan h adalah tinngi cerobong seluruhnya dalam meter.

Nilai tekanan tiup yang diperoleh dari hitungan diatas harus dikalikan

dengan koefisien angin, untuk mendapatkan gaya resultan yang bekerja pada bidang kontak tersebut.

- d) **Beban Gempa**, adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah oleh gempa bumi, baik pergerakan vertikal maupun horizontal. Namun pada umumnya percepatan tanah arah horizontal lebih besar dari pada arah vertikal, sehingga pengaruh gempa horizontal jauh lebih menentukan daripada gempa vertikal. Besarnya gaya geser dasar (statik ekuivalen) ditentukan berdasarkan persamaan  $V = ((C \times 1)/R) \times W_t$ , dengan C adalah faktor keutamaan gedung, R adalah faktor reduksi gempa yang tergantung pada jenis struktur yang bersangkutan, sedangkan  $W_t$  adalah berat total bangunan termasuk beban hidup yang bersesuaian.

### 3.11 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2 mengenai kombinasi pembebanan, dinyatakan bahwa dalam perencanaan suatu struktur baja haruslah diperhatikan jenis-jenis kombinasi pembebanan sebagai berikut ini :

- a) 1,4 D
- b) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La atau H)
- c) 1,2 D + 1,6 (La atau H) + ( $\gamma_L \cdot L$  atau 0,8 W)
- d) 1,2 D + 1,3 W +  $\gamma_L \cdot L$  + 0,5 (La atau H)
- e) 1,2 D ± 1,0 F +  $\gamma_L \cdot L$
- f) 0,9 D ± (1,3 W atau 1,0 E)

Dengan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen,

termasuk dinding, lanti atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap

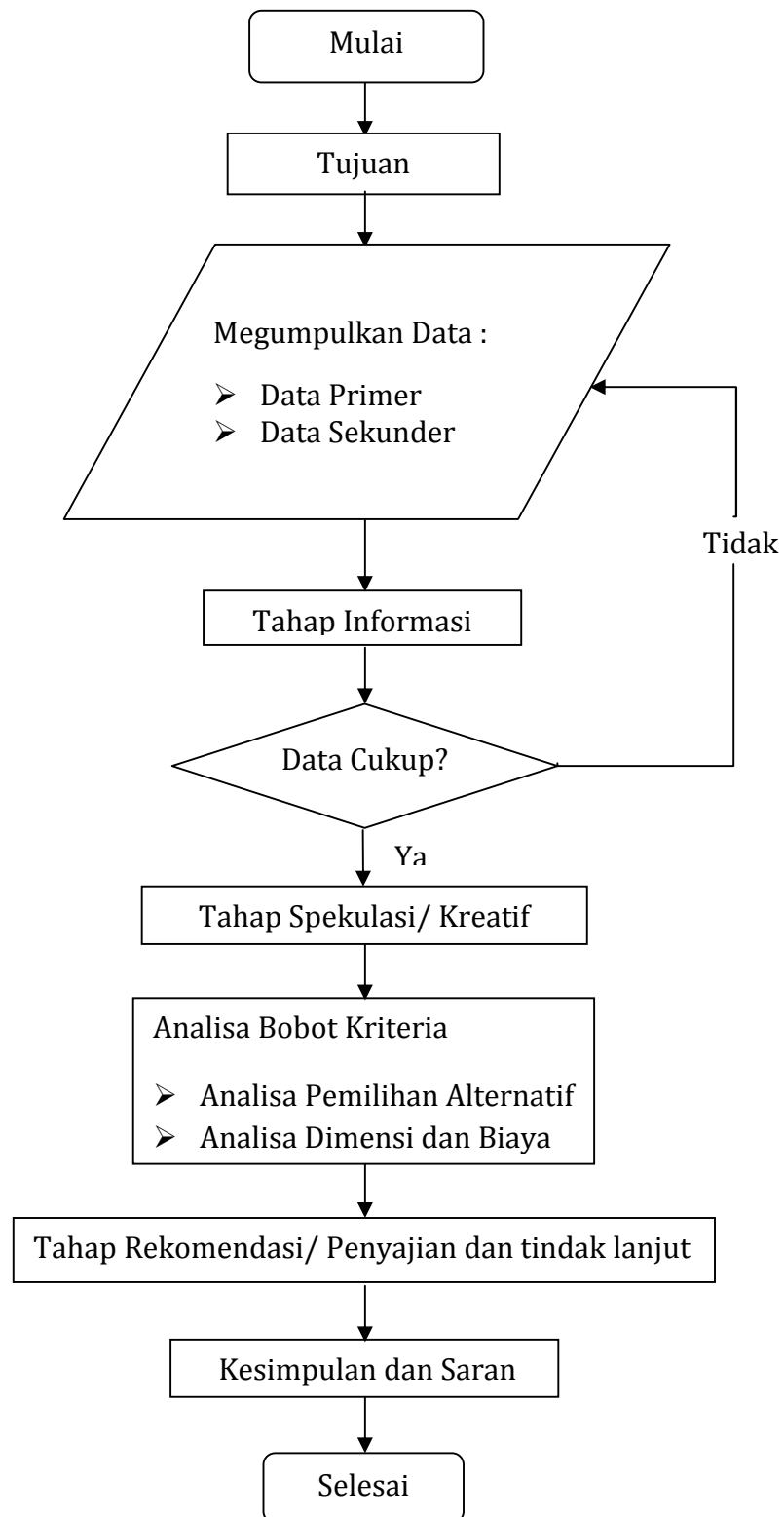
L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

H adalah beban hujan, tidak termasuk genangan yang diakibatkan oleh air

W adalah beban angin

E adalah beban gempa yang ditentukan dari peraturan gempa  $\gamma_L = 0,5$  bila  $L < 5$  kPa dan  $\gamma_L = 1$  bila  $L \geq 5$  kPa. Faktor beban unrtuk L harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum dan samua daerah yang memikul beban hidup lebih besar dari 5 kPa.

### 3.12 Bagan Alir



**Gambar 3.9 Bagan Alir**

## BAB IV

### PENERAPAN REKAYASA NILAI

#### 4.1 Tahap Informasi

Tahap Informasi adalah tahap awal dalam perencanaan rekayasa nilai. Pada tahap ini dilakukan penggalian data informasi sebanyak mungkin mengenai desain perencanaan proyek, mulai dari data umum proyek, hingga pentabulasian data yang berkenaan dengan item pekerjaan, menentukan item pekerjaan studi, mendapatkan item pekerjaan yang akan dilakukan penggalian terhadap alternatif – alternatif pada tahap kreatif dan analisa data pada tahap analisa. Tahap informasi ini berisi penjelasan – penjelasan tentang pemilihan item pekerjaan seperti *Cost Model* dan *Breakdown Cost*

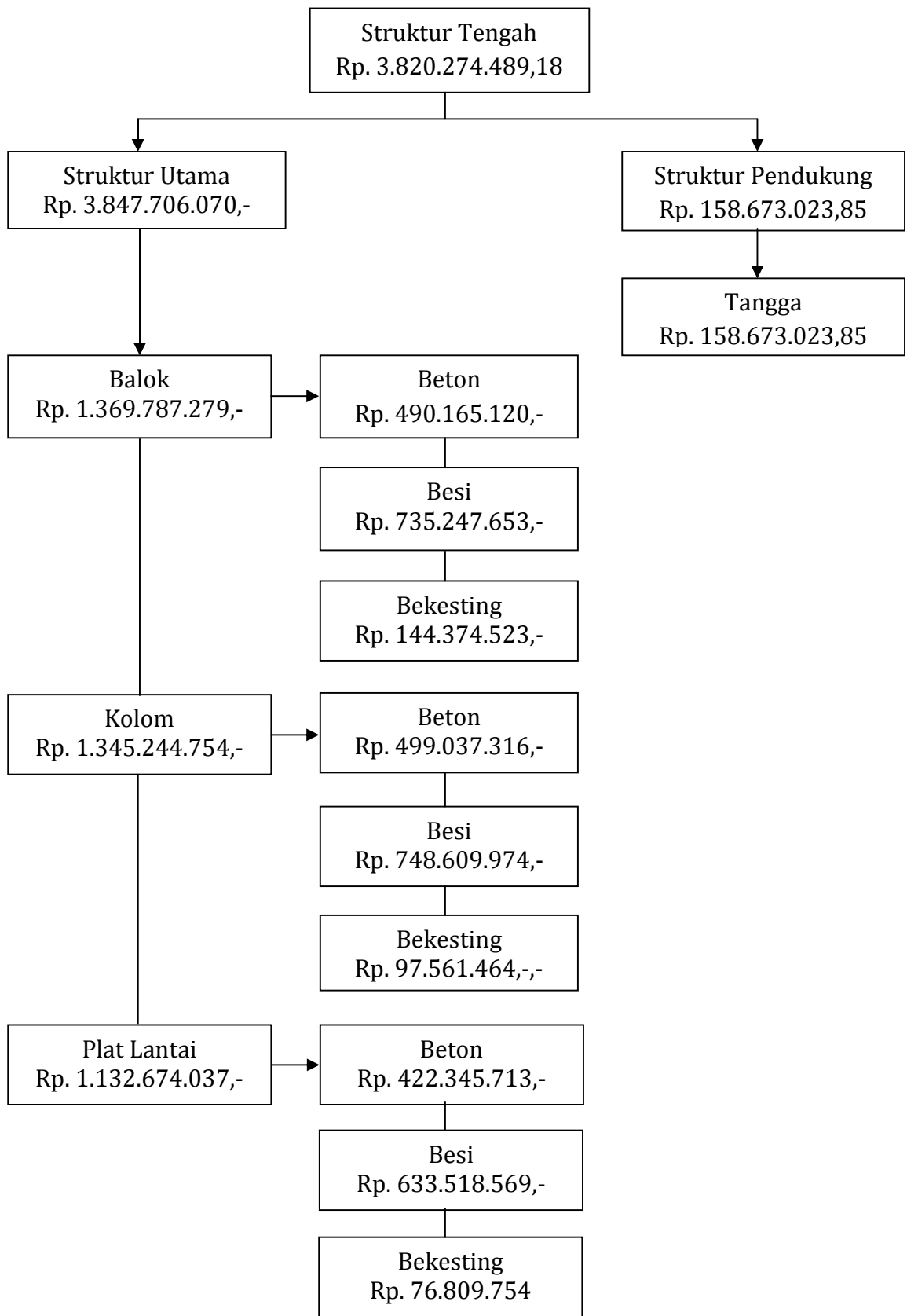
##### 4.1.1 Deskripsi Proyek

Nama Proyek	: Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang
Lokasi	: Kampus III Universitas Brawijaya Malang Kawasan Puncak Dieng
Konsultan Perencana	: PT. TISAGA Consultan
Konsultan Pengawas	: CV. KOSA MATRA GRAHA
Kontraktor Pelaksana	: PT. WIDYA SATRIA
Fungsi Gedung	: Laboratorium dan Ruang Kuliah
Luas Lahan	: ± 1200 m <sup>2</sup>
Jumlah Lantai	: 5 Lantai
Struktur Bawah	: Pondasi Strauss
Struktur Tengah	: Beton Bertulang

Struktur Atap : Baja WF  
Gambar Desain : Dilampirkan  
Biaya Total Proyek : Rp. 13.401.990.000,

#### **4.1.2 Identifikasi Item Kerja**

Identifikasi item pekerjaan yang berbiaya tinggi berfungsi untuk mengetahui item pekerjaan yang mempunyai biaya tinggi. Dalam hal ini metode yang digunakan adalah dengan membuat bagan biaya (cost model) proyek. Gambar 4.1 dibawah ini menunjukkan bagan biaya item pekerjaan.



**Gambar 4.1 Cost Model pekerjaan struktur tengah**



Breakdown analisa item pekerjaan ini merupakan breakdown item pekerjaan struktur tengah yang diurutkan dari biaya yang tertinggi ke yang terendah (Tabel 4.1)

**Tabel 4.1 Breakdown Analisa Struktur Tengah**

No	Item Pekerjaan	Biaya (Rp)	Bobot (%)
1	Beton Balok	1,369,787,279.24	34.19
2	Beton Kolom	1,345,244,754.24	33.58
3	Beton Plat lantai	1,132,674,037.25	28.27
4	Tangga	158,673,023.85	3.96
	Jumlah	4,006,379,094.58	100.00

Ket : ■ (Item teridentifikasi berbiaya tinggi)

Dapat disimpulkan bahwa item diindikasikan berbiaya tinggi adalah :

- Pekerjaan Beton Balok : 34.19%
  - Pekerjaan Beton Kolom : 33.56%
  - Pekerjaan Beton Plat lantai : 28.27%
- Dari distribusi biaya pada tabel 4.1 diatas, pekerjaan yang dipilih adalah pekerjaan dengan bobot yang mendekati 80% dari total biaya proyek yaitu pekerjaan beton. Pekerjaan tersebut dipilih karena mempunyai bobot sebesar 96.04% dari bobot elemen pekerjaan lainnya. Hal tersebut dapat dilihat pada besarnya biaya bila dibandingkan dengan biaya total pekerjaan beton.
- Nantinya dipilih pekerjaan balok dan kolom untuk dianalisa Rekayasa Nilai, karena mempunyai potensial untuk terjadi penghematan biaya.
- Selain memiliki biaya yang cukup besar dalam memilih item pekerjaan dapat ditinjau dari segi bahan dan desain yang nantinya dapat memunculkan berbagai macam alternatif pengganti.

### 4.1.3 Analisa Fungsi

Metode Fast (*Function Analysis System Technique*) merupakan suatu proses analisa yang bila digunakan secara tepat dapat menghasilkan sebuah desain yang optimum. FAST diagram dibuat untuk membantu mengidentifikasi fungsi-fungsi komponen sebelum melakukan analisa fungsi.

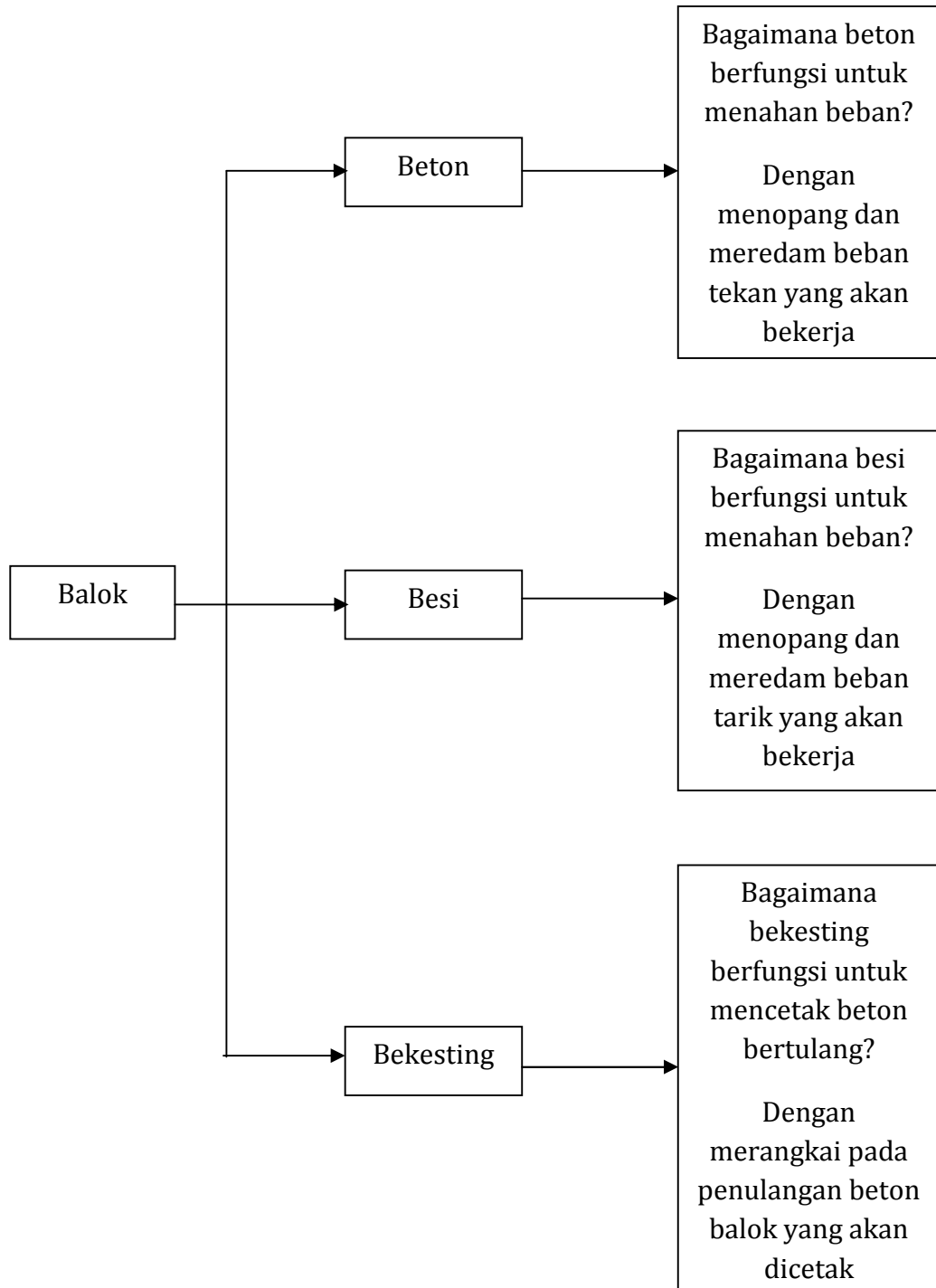
Analisa fungsi bertujuan mengklarifikasikan fungsi-fungsi utama (*basic function*) maupun fungsi-fungsi penunjang (*secondary function*), juga bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara biaya (*cost*) dan nilai manfaat (*worth*), sehingga dari serangkaian proses tersebut dapat diketahui item mana saja yang memiliki potensi biaya yang tidak diperlukan

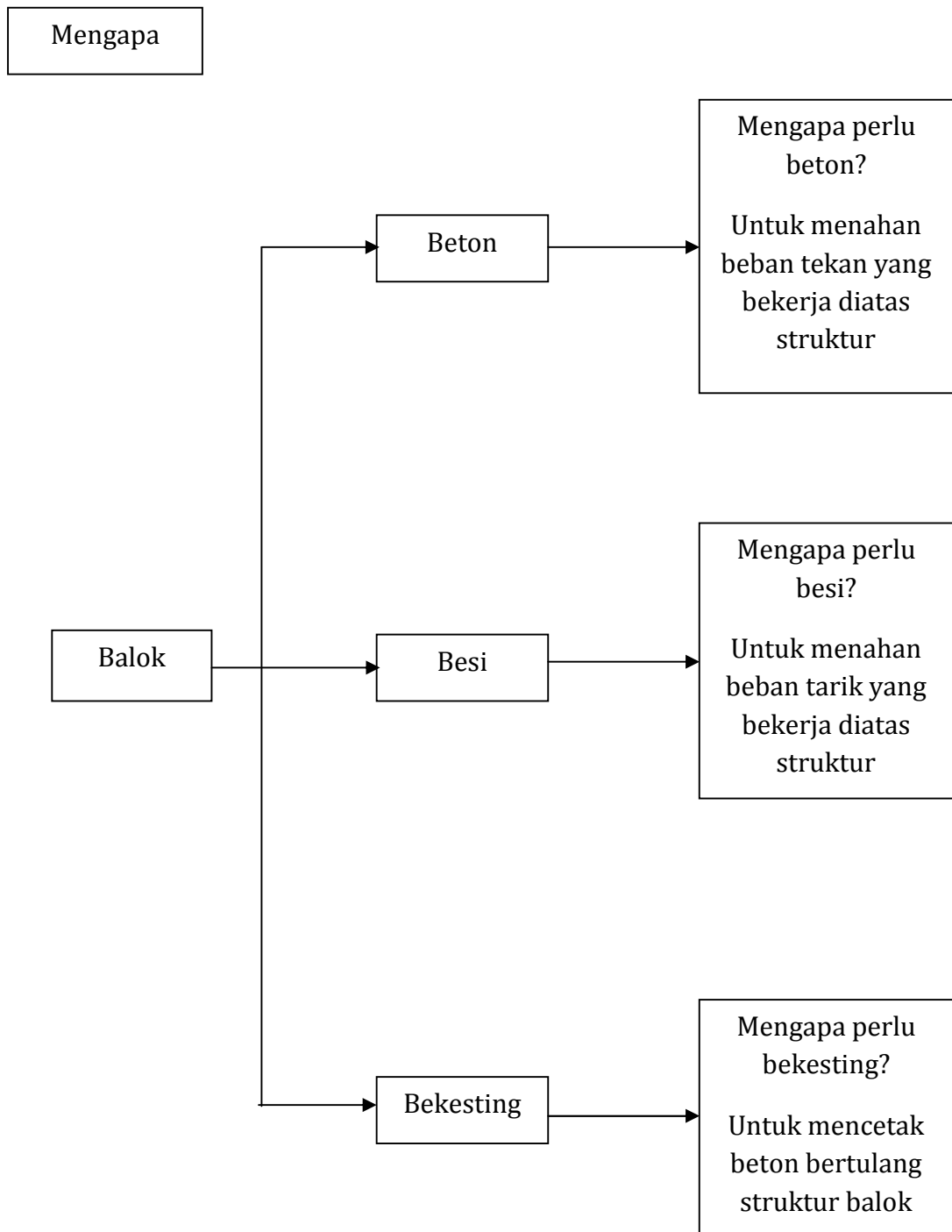
Bila hasil perbandingan antara *cost* dan *worth* lebih dari 1, maka item pekerjaan tersebut perlu dilakukan Rekayasa Nilai. Yang dimaksud dengan *cost* adalah biaya yang diperkirakan dari setiap fungsi, baik fungsi basic maupun sekunder, sedangkan *worth* adalah biaya terendah yang diperlukan untuk bisa memenuhi fungsi yang diinginkan.

Setelah mendapatkan informasi dari data diatas, maka dilakukan analisa fungsi yang menunjukkan perbandingan *cost/worth* dalam pekerjaan struktur kolom dan struktur balok, dimana kolom berfungsi sebagai penahan beban tekan yang terjadi pada struktur dan sebagai tumpuan balok.

## 1. Balok

Bagaimana





**Gambar 4.2 Diagram FAST Balok**

**Tabel 4.2 Analisa Fungsi Pekerjaan Struktur Balok**

No.	Uraian	Kata Kerja	Fungsi Kata Benda	Jenis	Cost (Rp)	Worth (Rp)
1.	Beton	Menyalurkan	Beban	B	490.165.102,-	490.165.102,-
2.	Besi	Menyalurkan	Beban	B	735.247.653,-	735.247.653,-
3.	Bekesting	Mencetak	Balok	S	144.374.523,-	111.057.325,-
Jenis		B = basic S = Sekunder		∑	1.369.787.279,-	1.336.470.081,-

Nilai *cost* didapat dari rencana biaya existing

Nilai *worth* didapat dari biaya terkecil (minimum) untuk menjalankan fungsi dasar dengan cara yang paling sederhana, berdasarkan teknologi yang ada.

(Tjaturono, 2007:37)

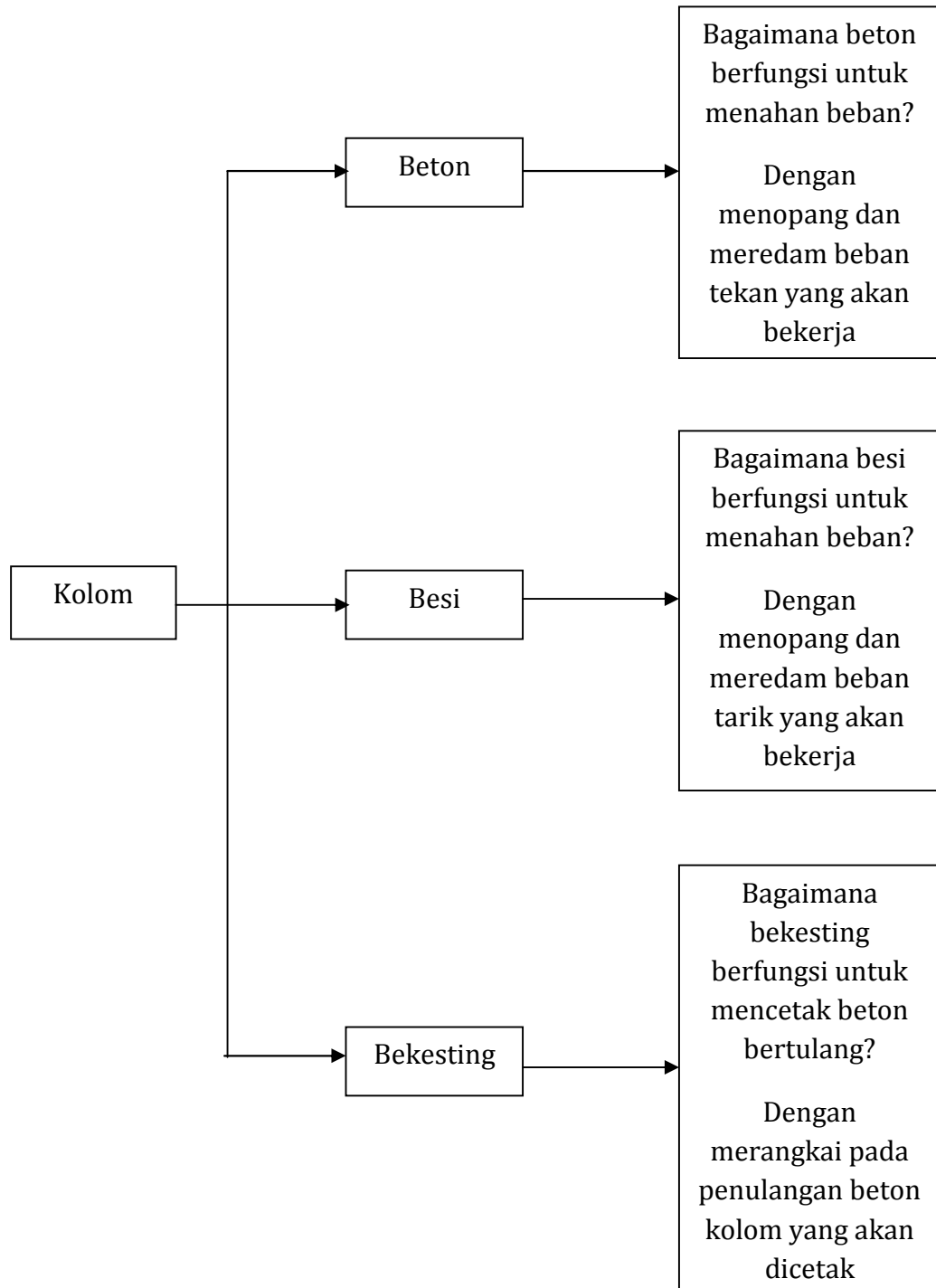
Penentuan *cost/worth ratio*

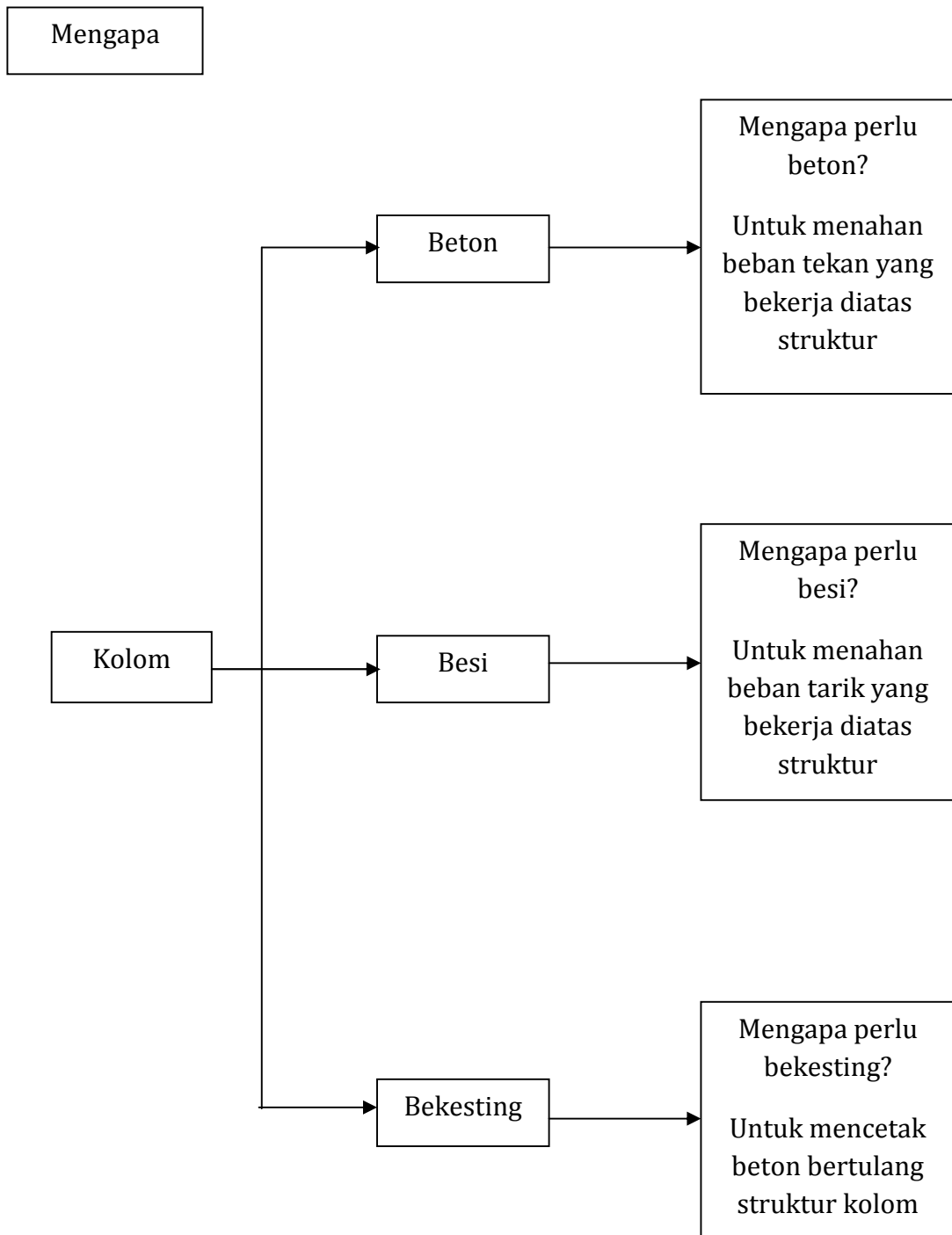
$Cost/Worth = 1.369.787.279,- / 1.336.470.081,- = 1,12 > 1$  layak untuk di Reayasa Nilai

Nilai *cost/worth ratio* diatas berarti menunjukkan adanya penghematan, karena nilainya  $n > 1$ .

## 2. Kolom

Bagaimana





**Gambar 4.3 Diagram FAST Kolom**

**Tabel 4.3 Analisa Fungsi Pekerjaan Struktur Kolom**

No.	Uraian	Kata Kerja	Fungsi Kata Benda	Jenis	Cost (Rp)	Worth (Rp)
1.	Beton	Menyalurkan	Beban	B	499.073.316,-	499.073.316,-
2.	Besi	Menyalurkan	Beban	B	748.609.974,-	748.609.974,-
3.	Bekesting	Mencetak	Balok	S	97.561.464,-	75.047.280,-
Jenis		B = basic S = Sekunder		∑	1.345.224.754,-	1.322.730.570,-

Nilai *cost* didapat dari rencana biaya existing

Nilai *worth* didapat dari biaya terkecil (minimum) untuk menjalankan fungsi dasar dengan cara yang paling sederhana, berdasarkan teknologi yang ada.

(Tjaturono, 2007:37)

Penentuan *cost/worth ratio*

$$\text{Cost/Worth} = 1.345.224.754,- / 1.322.730.570,- = 1,11 > 1 \text{ layak untuk di}$$

Rekayasa Nilai

Nilai *cost/worth ratio* diatas berarti menunjukkan adanya penghematan, karena nilainya  $n > 1$ .

#### **4.1.4 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Baja**

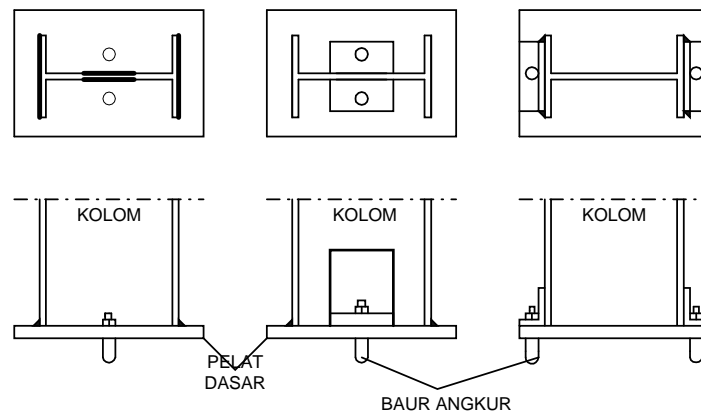
Pelat dasar kolom (column base plate) mendistribusikan beban terpusat yang bekerja pada elemen kolom ke media penumpu, umumnya suatu pedestal beton atau lantai beton. Beban – beban berat tersebut harus disebarakan untuk mencegah kehancuran beton penumpu. Pertimbangan lainnya adalah sambungan atau angkur dari pelat dasar kolom dan kolom ke pondasi beton.



Pada analisis kerangka, evaluasi tentang derajat kekangan dapat menjadi hal yang penting juga.

Desain pelat dasar melibatkan beberapa pertimbangan berikut:

1. Luas pelat dasar akan tergantung pada kekuatan tumpu (bearing strength) dari beton dibawah pelat baja.
2. Tebal pelat akan dikendalikan oleh kekuatan lentur pelat. Bila dimensi pelat  $B$  dan  $N$ , diperlihatkan pada gambar, cukup besar dibandingkan dimensi profil  $b$  dan  $d$  dari penampang baja, maka pendekatan tradisional adalah dengan mendesain pelat memiliki bentangan kantilever  $m$  dan  $n$  yang dibebani merata.
3. Untuk pelat yang tidak terlalu jauh melewati batas profil penampang baja, suatu pendekatan alternatif diperlukan. Keadaan ini timbul bila beban kolom adalah relatif kecil. Dalam kasus ini, pelat yang dibebani cukup ringan dapat diperlakukan sebagai terbebani merata seluas bentuk-H yaitu  $A_H$  yang bersebelahan dengan keliling sebelah dalam kolom, seperti tampak pada gambar.



**Gambar 4.4 Konstruksi Dasar Kolom**

Setelah pemasangan baut angkur selesai, selanjutnya dilakukan pemasangan kolom, kolom di berdirikan menggunakan tower crane, kemudian diposisikan pada titik-titik dimana kolom tersebut akan dipasang sesuai gambar kerja. Kolom-kolom berdiri pada pelat dasar yang sudah disambung menggunakan sambungan las, kemudian disambung menggunakan baut angkur yang sudah terpasang sebelumnya.



**Gambar 4.5 Pemasangan Kolom**

Pekerjaan Balok dilakukan pada saat kolom-kolom pada lantai 1 sudah didirikan, atau bisa juga di kerjakan bila sebagian kolom sudah dipasang untuk mempercepat waktu pelaksanaan. Pemasangan balok juga menggunakan alat bantu tower crane, bila sudah tersambung dengan kolom, selanjutnya dilakukan sambungan menggunakan sambungan las dan baut untuk memperkuat sambungan balok dan kolom dan seterusnya.



**Gambar 4.6 Pemasangan Balok - Kolom**

#### **4.2 Tahap Spekulasi/Kreatifitas**

Dalam tahap spekulasi dikumpulkan alternatif-alternatif desain sebanyak mungkin tanpa melihat berbagai pertimbangan.

Untuk pengajuan alternatif desain dapat dilakukan dengan cara-cara berikut berdasar Zimmerman :

- a) Brainstroming
- b) Gordon Technique
- c) Checklist
- d) Morphological Analysis

e) Attribute Listing

Menurut Hurber, 1980 terdapat beberapa teknik dalam penjajakan terhadap alternatif bagi penyelesaian masalah :

a) Brainstroming

Teknik merangsang anggota untuk menjajaki alternatif yang mungkin bisa dipakai untuk menyelesaikan masalah secara bebas tanpa adanya kritik atas ide-ide yang diajukan

b) The Nominal Group

Teknik merangsang anggota untuk memberi dan mengevaluasi informasi bagi pembuatan keputusan terutama oleh mereka yang akan terpengaruh oleh suatu alternatif keputusan

c) The Dephli Tecnique

Teknik untuk mendapatkan pendapat tentang masalah dari suatu panel besar yang terdiri dari para ahli kemudian mereka memberi umpan balik tentang analisa data mengenai pendapat yang telah diberikan.

Dalam analisa proyek pembangunan gedung yang dikerjakan disini digunakan metode brainstorming untuk pengumpulan alternatif desain dan tidak perlu kita pertimbangkan faktor-faktor kriteria, keindahan, harga spesifikasi maupun batasan desain yang ada serta pertimbangan lainnya. Untuk mengumpulkan alternatif desain dapat digunakan langkah berikut ini :

a) Menghilangkan fungsi sekunder yang mungkin

b) Mengganti fungsi basic

c) Mengganti sistem yang ada

#### **4.2.1 Alternatif Desain**

##### **Balok dan Kolom**

Dimunculkan berbagai macam alternatif sebagai pembanding perencanaan awal struktur balok dan kolom dari material beton bertulang.

Alternatif tersebut adalah :

Alternatif 1 : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil WF

Alternatif 2 : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil Castella

Alternatif 3 : Balok Baja Profil INP dan Kolom Baja Profil WF

Alternatif 4 : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil Canal

Alternatif 5 : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil Hollow

Alternatif 6 : Balok dan Kolom Menggunakan Beton Prategang

Alternatif 7 : Balok dan Kolom Menggunakan Kayu

#### **4.3 Tahap Analisa**

Dalam upaya pengambilan keputusan terpilih disini menggunakan strategi "*mixed scanning*" seperti dikemukakan oleh etzioni (Azhar Kasim,1995) dengan dua komponen utama yaitu :

- 1) Ciri strategi optimasi dengan kombinasi pendekatan "*elimination by aspect*" dalam pengambilan keputusan.
- 2) Ciri intremental seperti strategi kepuasan yaitu proses pembuatan keputusan yang hanya mempunyai ruang lingkup kecil dan merupakan revisi secara perlahan-lahan atau persiapan bagi keputusan fundamental yang baru.

### **a) Melakukan Seleksi Terhadap Alternatif yang Diajukan**

Langkah-langkah dalam penyaringan alternatif menurut strategi mixed scanning sebagai berikut :

- 1) Mencatat semua alternatif yang terlintas dalam pikiran termasuk yang terlihat tidak masuk akal.
- 2) Meneliti alternatif secara singkat menolak alternatif yang jelas tidak bisa dilaksanakan (tidak memenuhi syarat yang mutlak diperlukan).

Berdasarkan pada berbagai alternatif desain maka kita melakukan seleksi alternatif desain yang mungkin untuk di Reayasa Nilai dengan mempertimbangkan :

- 1) Batasan desain yang diajukan owner, spesifikasi dari item yang dianalisa
- 2) Kriteria dan fungsi elemen dari tiap-tiap alternatif yang diajukan dari segi biaya yang dikeluarkan untuk alternatif tersebut

### **b) Melakukan Analisa Keuntungan dan Kerugian dari Alternatif Terpilih**

Dari tahapan seleksi akan direduksi lagi alternatif desain yang memungkinkan untuk dianalisa karena batasan-batasan yang diajukan. Kemudian dilakukan analisa keuntungan dan kerugian dari alternatif dengan pertimbangan :

- 1) Penghematan Biaya
- 2) Estetika
- 3) Teknis Pelaksanaan
- 4) Keawetan
- 5) Pengawasan Mutu
- 6) Kekuatan

Langkah ini diulangi lagi dengan lebih teliti dalam menganalisa alternatif yang ada sehingga dapat mereduksi lagi alternatif yang ada.

### c) Pengukuran Alternatif dan Penilaian Alternatif

Pengukuran dan penilaian alternatif dilakukan berdasarkan pada :

- 1) Kriteria Biaya (*Life Cycle Cost*)
- 2) Kriteria Non Biaya (*Analytical Hierarchy Process*)

#### 4.3.1 Seleksi Alternatif

Dalam tahapan seleksi alternatif disini kita mulai melakukan pertimbangan terhadap alternatif-alternatif yang diajukan berdasarkan pada kriteria yang diminta yaitu :

- 1) Estetika konstruksi
- 2) Biaya pelaksanaan konstruksi
- 3) Teknis pelaksanaan konstruksi
- 4) Pengawasan mutu konstruksi
- 5) Keawetan konstruksi
- 6) Konstruksi harus kuat/kokoh

#### 4.3.2 Analisa Keuntungan dan Kerugian Alternatif

**Tabel 4.4 Analisa Keuntungan dan Kerugian**

No.	Alternatif	Evaluasi Ide		Prioritas
		Keuntungan	Kerugian	
1.	Balok dan Kolom Baja Profil WF	Estetika Teknis Pelaksanaan Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Biaya	5

No.	Alternatif	Evaluasi Ide		Prioritas
		Keuntungan	Kerugian	
2.	Balok dan Kolom Baja Profil Castella	Estetika Teknis Pelaksanaan Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Biaya	5
3.	Balok Baja Profil INP Kolom Baja Profil WF	Estetika Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Biaya	5
4.	Balok dan Kolom Baja Profil Canal	Estetika Keawetan	Biaya Teknis Pelaksanaan Pengawasan Mutu Kekuatan	2
5.	Balok dan Kolom Baja Profil Hollow	Estetika Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Biaya Teknis Pelaksanaan	4
6.	Balok dan Kolom Beton Prategang	Keawetan Pengawasan Mutu Kekuatan	Estetika Biaya Teknis Pelaksanaan	3
7.	Balok dan Kolom Kayu	Estetika Pengawasan Mutu	Biaya Teknis Pelaksanaan Keawetan Kekuatan	2

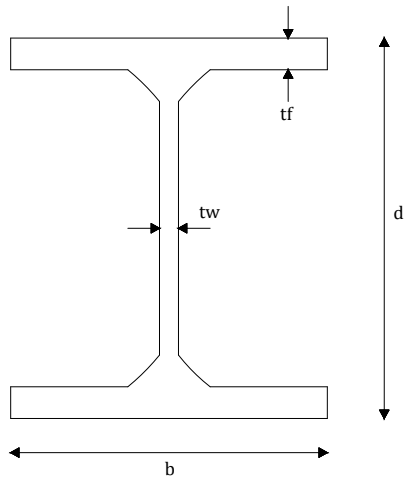
Berdasarkan pada hasil analisa keuntungan dan kerugian alternatif dapat direduksi yang akan diukur dan dinilai dengan non biaya yaitu :

Balok dan Kolom

- 1) Usulan A : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil WF
- 2) Usulan B : Balok dan Kolom Menggunakan Baja Profil Castella
- 3) Usulan C : Balok Baja Profil INP dan Kolom Baja Profil WF

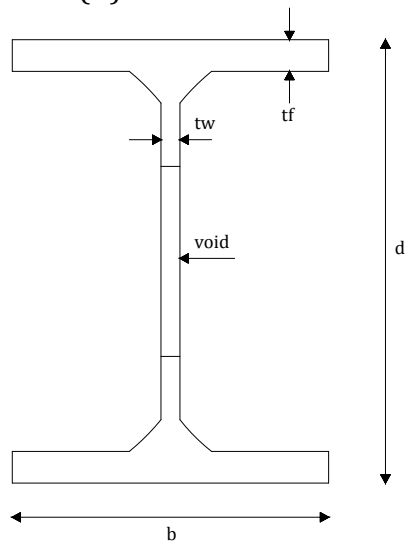


1) Alternatif Balok dan Kolom (A)



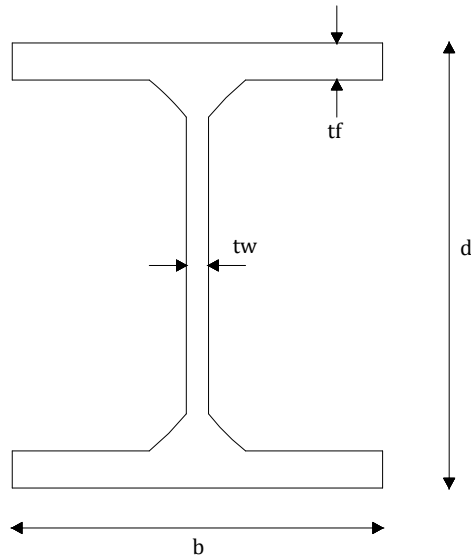
**Gambar 4.7 Baja Profil Wide Flange(WF)**

2) Alternatif Balok dan Kolom (B)



**Gambar 4.8 Baja Profil Castella**

### 3) Alternatif Balok dan Kolom (C)



**Gambar 4.9 Baja Profil INP**

#### 4.3.3 Analisa Pemilihan Alternatif

Untuk analisa pemilihan alternatif disini digunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan suatu model hirarki fungsional dengan input utama persepsi manusia. Dengan suatu hirarki, suatu masalah yang kompleks dan tidak terstruktur dipecahkan kedalam kelompok-kelompoknya. Kemudian kelompok-kelompok tersebut diatur menjadi suatu bentuk hirarki.

Pada dasarnya langkah-langkah dalam metode AHP meliputi :

- 1) Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan
- 2) Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan sub tujuan, kriteria dan kemungkinan alternatif-alternatif pada tingkatan kriteria yang paling bawah
- 3) Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing

“judgment” dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen yang lainnya

- 4) Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh judgment seluruhnya sebanyak  $n \times [(n-1)/2]$  buah, dengan  $n$  adalah banyaknya elemen yang dibandingkan
- 5) Menghitung nilai elemen dan menguji konsistensinya
- 6) Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai vektor eigen merupakan bobot setiap elemen. Langkah ini dilakukan untuk mensintesis judgment dalam penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai pencapaian tujuan

Untuk memulai perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen yang lain digunakan skala penilaian perbandingan berpasangan (saaty, 1980)

**Tabel 4.5 Skala Penilaian perbandingan berpasangan**

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya

<b>Intensitas kepentingan</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek
9	Satu elemen mutlak penting dari elemen yang lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara 2 nilai pertimbangan yang berdekatan	Niali ini diberikan bila ada kompromi diantara 2 pilihan
Kebalikan	Jika aktifitas i mendapatkan satu angka dibanding aktifitas j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i	

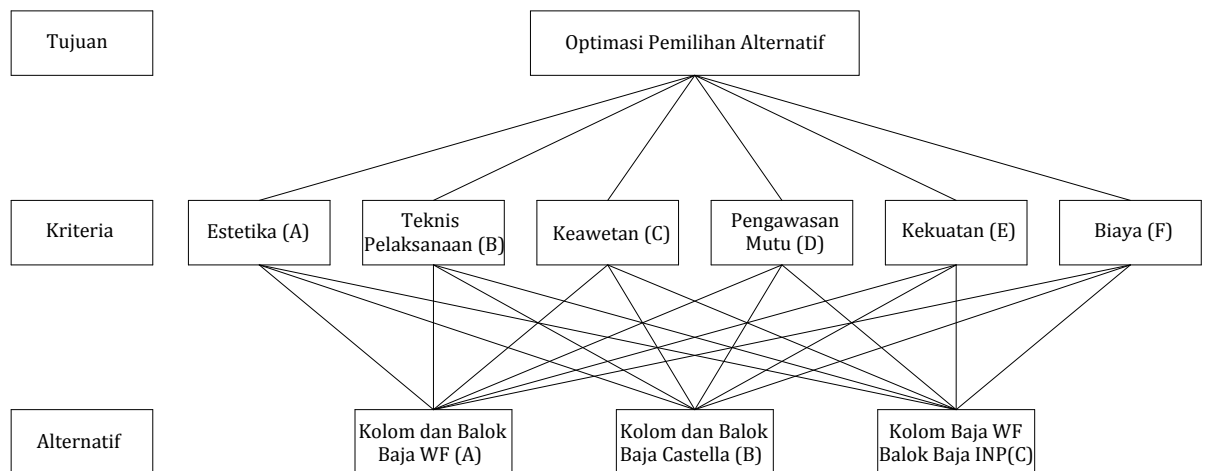
Dalam analisa gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan disini kita berikan bahwa goal atau tujuan dari hirarhi adalah optimasi pemilihan alternatif. Kriteria yang dikembangkan adalah estetika, teknis pelaksanaan, keawetan, pengawasan mutu, kekuatan dan biaya.

Kriteria :

- 1) Estetika
- 2) Teknis Pelaksanaan
- 3) Keawetan
- 4) Pengawasan Mutu
- 5) Kekuatan
- 6) Biaya

Alternatif :

- 1) Usulan A
- 2) Usulan B
- 3) Usulan C



**Gambar 4.10 Penyusunan Analytical Hierarchy Process (AHP)**

Setelah penyusunan hirarki selesai maka langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan antara elmen-elemen dengan memperhatikan pengaruh elemen lain pada level di atasnya. Perbandingan pertama dilakukan pada level kriteria dengan memperhatikan level tujuan.

### Penentuan Bobot Kriteria

**Tabel 4.6 Rata - rata geometrik terhadap kriteria pada pekerjaan struktur tengah**

No.	Identitas Responden				Nilai							
	Kode Responden	Usia	Pengalaman	Pendidikan	1	2	3	4	5	6	7	8
		(Thn)	(Thn)		A - B	A - C	A - D	A - E	A - F	B - C	B - D	B - E
1	Responden A	46-55	> 10	S2	5	1/5	1	1	6	1/4	1/5	1/5
2	Responden B	45-55	> 10	S2	1	1/3	1	1	1	1	1	1
3	Responden C	25-35	5 - 7	D - III	1	1/7	3	1/4	1	1/4	1	1/5
4	Responden D	25-35	8 - 10	S1	1/7	5	1	1	1	1/4	1/3	1/5
Rata - rata geometrik					1.79	1.42	1.50	0.81	2.25	0.44	0.63	0.40

No.	Identitas Responden				Nilai							
	Kode Responden	Usia	Pengalaman	Pendidikan	9	10	11	12	13	14	15	
		(Thn)	(Thn)		B - F	C - D	C - E	C - F	D - E	D - F	E - F	
1	Responden A	46-55	> 10	S2	5	5	1/5	7	7	1/6	7	
2	Responden B	45-55	> 10	S2	1	1	1	1	1/6	1	2	
3	Responden C	25-35	5 - 7	D - III	4	1	1/4	5	1	5	4	
4	Responden D	25-35	8 - 10	S1	1	1	1	1	1/6	1	2	
Rata - rata geometrik					2.75	2.00	0.61	3.50	2.08	1.79	3.75	

**Tabel 4.7 Perbandingan Kriteria**

Tujuan		Kriteria					
		A	B	C	D	E	F
Kriteria	A	1.00	1.79	1.42	1.50	0.81	2.25
	B	0.56	1.00	0.44	0.47	0.40	2.75
	C	0.70	2.29	1.00	2.00	0.61	3.50
	D	0.67	2.14	0.50	1.00	2.08	1.79
	E	1.23	2.50	1.63	0.48	1.00	3.75
	F	0.44	0.36	0.29	0.56	0.27	1.00
Jumlah		4.61	10.08	5.27	6.00	5.18	15.04

Sumber : Hasil Perhitungan

Cara mendapatkan nilai-nilai di atas adalah :

Perbandingan di atas adalah dengan membandingkan kolom yang terletak paling kiri dengan setiap kolom ke dua, ketiga, keempat, dst.

- Perbandingan terhadap dirinya sendiri, akan menghasilkan nilai 1. Sehingga nilai satu akan tampil secara diagonal. (A terhadap A, B terhadap B dan C terhadap C, dst)
- Hasil dari rata-rata geometrik, misalkan nilai 1.79, didapatkan dari perbandingan A yang 1.79 kali lebih penting dari B (lihat nilai perbandingan di atas)
- Perbandingan kolom kiri dengan kolom-kolom selanjutnya, misalkan nilai 0.56 didapatkan dari  $1/1.79$

**Tabel 4.8 Normalisasi Perbandingan Kriteria**

Tujuan		Kriteria						Jumlah	Bobot
		A	B	C	D	E	F		
Kriteria	A	0.217	0.177	0.269	0.250	0.157	0.150	1.220	0.203
	B	0.122	0.099	0.083	0.078	0.077	0.183	0.642	0.107
	C	0.153	0.227	0.190	0.333	0.118	0.233	1.253	0.209
	D	0.145	0.213	0.095	0.167	0.403	0.119	1.140	0.190
	E	0.267	0.248	0.310	0.080	0.193	0.249	1.347	0.225
	F	0.096	0.036	0.054	0.093	0.052	0.066	0.398	0.066
Jumlah		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	6.000	1.000

Sumber : Hasil Perhitungan

- Nilai 0.217 adalah hasil dari pembagian antara nilai 1.00 / 4.61 dst.
- Nilai 1.220 adalah hasil dari penjumlahan 0.217 + 0.177 + 0.269 + 0.250 + 0.157 + 0.150
- Nilai 0,203 adalah hasil dari 1.220 / 6
- Dst

Setelah matriks level dua selesai dibuat sampai pada perhitungan bobot prioritasnya dilanjutkan pada perbandingan antar elemen pada level tiga dengan pertimbangan level dua.

Berdasarkan hasil survey didapat jumlah penilaian alternatif berdasarkan 6 kriteria, yaitu :



**Tabel 4.9 Point Hasil Survey**

Alternatif	Kriteria					
	Estetika	Teknis Pelaksanaan	Keawetan	Pengawasan Mutu	Kekuatan	Biaya
Baja WF	11	12	13	13	14	6
Castella	12	10	13	13	12	6
WF dan INP	10	10	10	11	12	6
Jumlah	33	32	36	37	38	18

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Setelah semua matriks pada level tiga selesai dipertimbangkan dan didapatkan semua prioritas secara lokalnya. Langkah berikutnya adalah melakukan operasi perkalian antara matriks yang memuat prioritas lokal tersebut sehingga pada akhirnya didapatkan suatu bobot prioritas global.

**Tabel. 4.10 Bobot Prioritas Total Skor**

Kriteria		Estetika	Teknis Pelaksanaan	Keawetan	pengawasan Mutu	Kekuatan	Biaya	Total Skor	Rangking
Alternatif	Bobot	0.203	0.107	0.209	0.190	0.225	0.066		
	Baja WF	11	12	13	13	14	6	12.247	1
	Castella	12	10	13	13	12	6	11.787	2
	WF dan INP	10	10	10	11	12	6	10.374	3

Sumber : Hasil Perhitungan

Dengan melihat hasil pembobotan total skor, maka kita ambil nilai bobot prioritas yang terbesar yaitu alternatif Profil Baja WF (A) sebagai pilihan.

#### 4.3.4 Analisa Penilaian dengan Kriteria Biaya (LCC)

Life Cycle Cost dari item yang ada diperhitungkan selama masa investasi dengan dari seluruh biaya-biaya yang relevan dengan item tersebut berdasar pada pertimbangan *time value of money*.

Biaya-biaya yang relevan atau biaya yang dikeluarkan selama masa investasi antara lain :

- 1) *Initial cost* yang merupakan biaya awal yang dikeluarkan pada saat pelaksanaan konstruksi. Untuk *initial cost* diambil dari analisa biaya desain awal dengan harga satuan sesuai peraturan pemerintah setempat
- 2) *Operational* merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan karena pemakaian tenaga kerja misalnya
- 3) *Maintenance* merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan sesuai rencana selang waktu tertentu untuk penggantian item. *Cost maintenance* merupakan hal yang spesifik tapi bukan prioritas tertinggi
- 4) *Replacement* merupakan biaya penggantian atas suatu item dimana diluar yang kita rencanakan harus diganti. Pada saat habis masa investasi diasumsikan tidak diadakan penggantian-penggantian
- 5) *Energy cost* adalah biaya yang keluar akibat pemakaian daya energi
- 6) Nilai sisa merupakan harga yang ada pada saat penghabisan masa investasi (termasuk biaya pemindahan). Diasumsikan bahwa setelah habis masa investasi tidak terdapat sisa karena item yang dianalisa diasumsikan tidak dijual lagi

Setelah semua biaya yang relevan dimasukkan, maka semua biaya yang ada dikonversikan kedalam nilai present valuenya dengan discounted 12 % dan masa investasi 20 tahun.

## A. Perhitungan Dimensi dan Biaya

### 1. Alternatif A

Berikut adalah pendimensian untuk desain alternatif A yang section propertinya didapat dari hasil analisa struktur (Lampiran 1).

**Tabel 4.11 Dimensi Baja Profil WF (Alternatif A) untuk Balok dan Kolom**

Section Index	Weight	Depht	Width	Thickness		Luas	Dimensi Profil yang Diusulkan	Luas
		(d)	(b)	Web	Flange	(A)		(A)
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>
300x300	94.00	300	300	10	15	119.80	Kolom	0.012
250x250	72.40	250	250	9	14	92.18	Kolom	0.009
200x200	49.90	200	200	8	12	63.53	Balok Bentang 6 dan 7 m	0.006
175x175	40.20	175	175	7.5	11	51.21	Balok Bentang 3 dan 5 m	0.005

Sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja Ir. Gunawan dengan Petunjuk Ir. Morisco

**Tabel 4.12 Berat Profil Baja Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94.00	3384.00
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F, 11 A - F, 5 - 7 G	4	33	250x250x9x14	72.40	2389.20
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	200x200x8x12	49.90	548.90
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	200x200x8x12	49.90	1097.80
4	Balok	Line 2 - 10 A-F dan 5 - 7 F'-G	5	76	175x175x7.5x11	40.20	3055.20
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	175x175x7.5x11	40.20	1608.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>12083.10</b>

*Hasil perhitungan berat profil lantai lain dilampirkan*

Dari hasil perhitungan berat struktur balok – kolom alternatif A, didapatkan berat total :

$$12083.10 + 12083.10 + 6982.50 + 6982.50 + 6982.50 = 45113.70 \text{ kg}$$

**Tabel 4.13 Berat bagian yang ikut serta untuk setiap bagian konstruksi**

Bentuk Profil	Paku Keling atau Baut	Bagian-bagian Detail Konstruksi (%) Pelat Penghubung dll
Kolom	3-4	10-15
Balok Pemikul Bersusun	1-2	5-20
Balok Pemikul Bersusun	5-6	10-12
Kerangka Atap	3-4	15-20

Sumber : Buku Analisa (secara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Hal 277

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dihitung berat baut dan pelat penghubung pada struktur balok dan kolom :

1. Berat baut pada struktur balok dan kolom

$$= 4\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 4\% \times 45113.70$$

$$= 1804.548 \text{ kg}$$

2. Berat pelat penghubung

$$= 5\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 5\% \times 45113.70$$

$$= 2255.685 \text{ kg}$$

Total Berat Baja profil :

$$= 45113.70 + 1804.548 + 2255.685$$

$$= 49173.933 \text{ kg}$$

**Tabel 4.14 Perhitungan RAB alternatif A**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Baja profil dan bagiannya	49173.933	kg	12,600.00	619,591,555.80
2	Pasang baja profil	49173.933	kg	3,050.40	150,000,165.22
3	Pasang Baut $\varnothing$ 5/8"	1804.548	kg	6,650.00	12,000,244.20
4	Pasangan bata ringan	164.478	m <sup>2</sup>	120,826.00	19,873,260.59
5	Plesteran bata ringan	1549.088	m <sup>2</sup>	38,118.00	59,048,136.38
6	Acian bata ringan	1549.088	m <sup>2</sup>	12,540.00	19,425,563.52
Total					879,938,925.71

Sumber : Hasil Perhitungan

Biaya Maintenance :

Pengecatan setiap 4 tahun sekali

**Tabel 4.15 Biaya Maintenance alternatif A**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Pengecatan	1549.088	m <sup>2</sup>	36,312.00	56,250,483.46
Total					56,250,483.46

Sumber : Hasil Perhitungan

## 2. Alternatif B

Berikut adalah pendimensian alternatif B (Baja Profil Castella) yang section propertinya didapat dari hasil analisa struktur (Lampiran 1).

**Tabel 4.16 Dimensi Baja Profil Castella (Alternatif B) untuk balok dan kolom**

Section Index	Weight	Depht	Width	Thickness		Luas	Dimensi Profil yang Diusulkan	Luas	Castella Weight	Depht
		(d)	(b)	Web	Flange	(A)		(A)		(d)
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>	kg/m	mm
300x300	94.00	300	300	10	15	119.80	Kolom	0.012	88.76	450
250x250	72.40	250	250	9	14	92.18	Kolom	0.009	68.32	375
200x200	49.90	200	200	8	12	63.53	Balok Bentang 6 dan 7 m	0.006	47.10	300
200x200	49.90	200	200	8	12	63.53	Balok Bentang 3 dan 5 m	0.006	47.10	300

Sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja Ir. Gunawan dengan Petunjuk Ir. Morisco



**Tabel 4.17 Berat Profil Baja Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	88.76	3195.36
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F,	4	33	250x250x9x14	68.32	2254.56
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	200x200x8x12	47.10	518.10
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	200x200x8x12	47.10	1036.20
4	Balok	Line 2 - 10 A - F dan 5 -7 F'-G	5	76	200x200x8x12	47.10	3579.60
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	200x200x8x12	47.10	1884.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>12467.82</b>

*Hasil perhitungan berat profil lantai lain dilampirkan*

Dari hasil perhitungan berat struktur balok – kolom alternatif B, didapatkan berat total :

$$12467.82 + 12467.82 + 7104.66 + 7104.66 + 7104.66 = 46249.62 \text{ kg}$$

**Tabel 4.18 Berat bagian yang ikut serta untuk setiap bagian konstruksi**

Bentuk Profil	Paku Keling atau Baut	Bagian-bagian Detail Konstruksi (%) Pelat Penghubung dll
Kolom	3-4	10-15
Balok Pemikul Bersusun	1-2	5-20
Balok Pemikul Bersusun	5-6	10-12
Kerangka Atap	3-4	15-20

Sumber : Buku Analisa (secara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Hal 277

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dihitung berat baut dan pelat penghubung pada struktur balok dan kolom :

1. Berat baut pada struktur balok dan kolom

$$= 4\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 4\% \times 46249.62$$

$$= 1849.985 \text{ kg}$$

2. Berat pelat penghubung

$$= 5\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 5\% \times 46249.62$$

$$= 2312.481 \text{ kg}$$

Total Berat Baja profil :

$$= 46249.62 + 1849.985 + 2312.481$$

$$= 50412.086 \text{ kg}$$

**Tabel 4.19 Perhitungan RAB alternatif B**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Baja profil dan bagiannya	50412.086	kg	12,600.00	635,192,281.08
2	Pekerjaan las dan Pemotongan	50412.086	kg	650.00	32,767,855.77
3	Pasang baja profil	50412.086	kg	3,050.40	153,777,026.52
4	Pasang Baut Ø 5/8"	1849.985	kg	6,650.00	12,302,398.92
5	Pasangan bata ringan	181.501	m <sup>2</sup>	120,826.00	21,930,057.03
6	Plesteran bata ringan	1620.480	m <sup>2</sup>	38,118.00	61,769,456.64
7	Acian bata ringan	1620.480	m <sup>2</sup>	12,540.00	20,320,819.20
					938,059,895.17

Sumber : Hasil Perhitungan

Biaya Maintenance :

Pengecatan setiap 4 tahun sekali

**Tabel 4.20 Biaya Maintenance alternatif B**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Pengecatan	1620.480	m <sup>2</sup>	36,312.00	58,842,869.76
Total					58,842,869.76

Sumber : Hasil Perhitungan

### 3. Alternatif C

Berikut adalah pendimensian alternatif C (Baja Profil INP dan Baja Profil WF) yang section propertinya didapat dari hasil analisa struktur (Lampiran 1).

**Tabel 4.21 Dimensi Baja Profil WF untuk kolom dan Profil INP untuk balok (Alternatif C)**

Section Index	Weight	Depht	Width	Thickness		Luas	Dimensi Profil yang Diusulkan	Luas
		(d)	(b)	Web	Flange	(A)		(A)
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>
300x300	94.00	300	300	10	15	119.80	Kolom	0.012
250x250	72.40	250	250	9	14	92.18	Kolom	0.009
INP 45	115	450	175	16.2	32.4	147.00	Balok Bentang 6 dan 7 m	0.015
INP 30	54.2	300	150	10.8	16.2	69.10	Balok Bentang 3 dan 5 m	0.007

Sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja Ir. Gunawan dengan Petunjuk Ir. Morisco

**Tabel 4.22 Berat Profil Baja Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F,	4	33	250x250x9x14	72.4	2389.20
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	450x175x16.2x24.3	115	1265.00
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	450x175x16.2x24.3	115	2530.00
4	Balok	Line 2 - 10 A - F dan 5 -7 F'-G	5	76	300x150x10.8x16.2	54.2	4119.20
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	300x150x10.8x16.2	54.2	2168.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>15855.40</b>

*Hasil perhitungan berat profil lantai lain dilampirkan*

Dari hasil perhitungan berat struktur balok – kolom alternatif C, didapatkan berat total :

$$15855.40 + 15855.40 + 9524.20 + 9524.20 + 9524.20 = 60283.40 \text{ kg}$$

**Tabel 4.23 Berat bagian yang ikut serta untuk setiap bagian konstruksi**

Bentuk Profil	Paku Keling atau Baut	Bagian-bagian Detail Konstruksi (%) Pelat Penghubung dll
Kolom	3-4	10-15
Balok Pemikul Bersusun	1-2	5-20
Balok Pemikul Bersusun	5-6	10-12
Kerangka Atap	3-4	15-20

Sumber : Buku Analisa (secara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Hal 277

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dihitung berat baut dan pelat penghubung pada struktur balok dan kolom :

3. Berat baut pada struktur balok dan kolom

$$= 4\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 4\% \times 60283.40$$

$$= 2411.336 \text{ kg}$$

4. Berat pelat penghubung

$$= 5\% \times (\text{Berat total struktur balok dan kolom})$$

$$= 5\% \times 60283.40$$

$$= 3014.17 \text{ kg}$$

Total Berat Baja profil :

$$= 60283.40 + 2411.336 + 3014.17$$

$$= 65708.906 \text{ kg}$$

**Tabel 4.24 Perhitungan RAB alternatif C**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Baja profil dan bagiannya	65708.906	kg	12,600.00	827,932,215.60
2	Pasang baja profil	65708.906	kg	3,050.40	200,438,446.86
3	Pasang Baut Ø 5/8"	2411.336	kg	6,650.00	16,035,384.40
4	Pasangan bata ringan	227.451	m <sup>2</sup>	120,826.00	27,482,039.51
4	Plesteran bata ringan	2470.636	m <sup>2</sup>	38,118.00	94,175,703.05
6	Acian bata ringan	2470.636	m <sup>2</sup>	12,540.00	30,981,775.44
Total					1,197,045,564.86

Sumber : Hasil Perhitungan

Biaya Maintenance :

Pengecatan setiap 4 tahun sekali

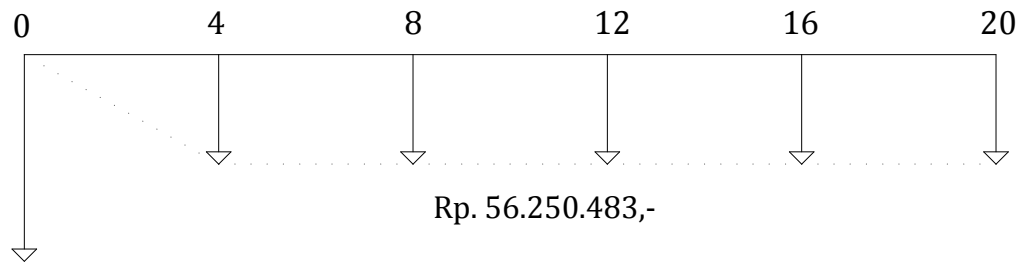
**Tabel 4.25 Biaya Maintenance alternatif C**

No.	Nama Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total harga (Rp)
1	Pengecatan	2470.636	m <sup>2</sup>	36,312.00	89,713,734.43
Total					89,713,734.43

Sumber : Hasil Perhitungan

## B. Perbandingan Nilai Present Value

### 1. Alternatif A Baja Profil WF



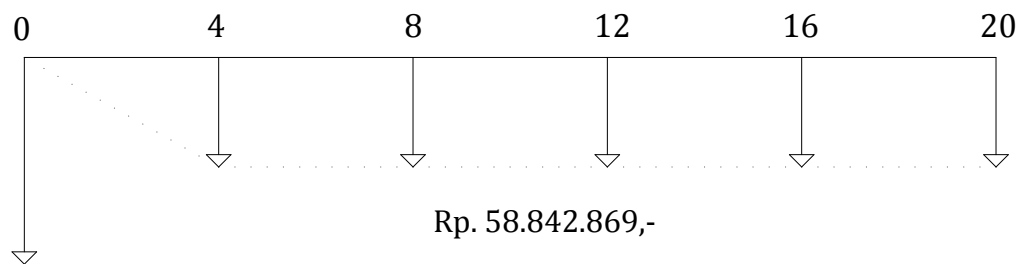
Rp. 879.938.925,-

$$\begin{aligned} F &= P \times (F/P, i\%, n) \\ &= P \times (F/P, 12\%, 4) \\ &= \text{Rp. } 879.938.925,- \times (1,5735) \\ &= \text{Rp. } 1.384.583.899,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= P \times (F/P, i\%, n) \\ &= P \times (F/P, 12\%, 20) \\ &= \text{Rp. } 56.250.483,- \times (9.6463) \\ &= \text{Rp. } 542.605.038,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PV &= \text{Rp. } 1.384.583.899,- + \text{Rp. } 542.605.038,- \\ &= \text{Rp. } 1.927.192.938,- \end{aligned}$$

### 2. Alternatif B Baja Profil Castella



Rp. 938.059.895,-

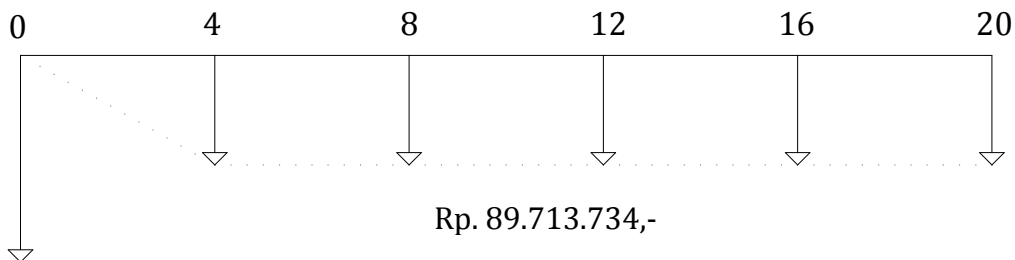


$$\begin{aligned}
F &= P \times (F/P, i\%, n) \\
&= P \times (F/P, 12\%, 4) \\
&= \text{Rp. } 938.059.895,- \times (1,5735) \\
&= \text{Rp. } 1.477.725.752,-
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
F &= P \times (F/P, i\%, n) \\
&= P \times (F/P, 12\%, 20) \\
&= \text{Rp. } 58.842.869,- \times (9.6463) \\
&= \text{Rp. } 567.615.974,-
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
PV &= \text{Rp. } 1.477.725.752,- + \text{Rp. } 567.615.974,- \\
&= \text{Rp. } 2.045.341.727,-
\end{aligned}$$

### 3. Alternatif C Baja Profil WF dan INP



Rp. 1.197.015.561,-

$$\begin{aligned}
F &= P \times (F/P, i\%, n) \\
&= P \times (F/P, 12\%, 4) \\
&= \text{Rp. } 1.197.015.561,- \times (1,5735) \\
&= \text{Rp. } 1.885.705.878,-
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
F &= P \times (F/P, i\%, n) \\
&= P \times (F/P, 12\%, 20) \\
&= \text{Rp. } 89.713.734,- \times (9.6463)
\end{aligned}$$

= Rp. 865.405.596,-

PV = Rp. 1.885.705.878,- + Rp. 865.405.596,-

= Rp. 2.751.111.474,-

### **Hasil Perbandingan Present Value Alternatif**

#### **Alternatif Balok dan Kolom**

Desain Awal : Rp. 2.715.032.033,-

Alternatif A : Rp. 1.927.192.938,-

Alternatif B : Rp. 2.045.341.727,-

Alternatif C : Rp. 2.751.111.474,-

**Jadi alternatif yang terpilih adalah alternatif A**

**Tabel 4.26 Hasil perbandingan analisa pemilihan alternatif dengan biaya dan non biaya**

BALOK dan KOLOM	Biaya	Non Biaya (AHP)	Rangking
Desain Awal (Beton Bertulang)	Rp 2,715,032,033.48	-	
Alternatif A ( Baja Profil WF)	Rp 1,927,192,938.17	12.247	1
Alternatif B ( Baja Profil Castella)	Rp 2,045,341,727.42	11.787	2
Alternatif C ( Baja Profil INP dan WF)	Rp 2,751,111,474.77	10.374	3

**Dapat disimpulkan bahwa :**

- Dipilih alternatif A yaitu alternatif pengganti struktur tengah balok dan kolom yang desain awal menggunakan beton bertulang diganti dengan usulan profil baja Wide Flange (WF) yang sesuai dengan hasil kedua analisa baik analisa biaya (*Life Cycle Cost*) dan analisa non biaya (*Analytical Hierarchy Process*).

#### 4.4 Tahap Rekomendasi / Penyajian Tindak Lanjut

Dalam tahap rekomendasi, selanjutnya dihitung besarnya penghematan dengan dilakukannya rekayasa nilai.

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan  
Universitas Brawijaya Malang

Item Pekerjaan : Struktur Tengah (Balok dan Kolom)

Rencana Awal : Struktur Beton Bertulang

Usulan : Struktur Baja Profil Wide Flange (WF)

Dasar Pertimbangan :

1. Penghematan Biaya
2. Nilai Estetika
3. Teknis Pelaksanaan
4. Keawetan
5. Pengawasan Mutu
6. Kekuatan

Penghematan yang diperoleh :

**Tabel 4.27 Pekerjaan Struktur Tengah Balok dan Kolom**

BALOK dan KOLOM	Biaya	Bobot (%)
Desain Awal (Beton Bertulang)	Rp 2,715,032,033.48	100%
Alternatif A ( Baja Profil WF)	Rp 1,927,192,938.17	70.98%
Penghematan	Rp 787,839,095.31	29.02%

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa Rekayasa Nilai pada item pekerjaan struktur tengah balok dan kolom Proyek Pembangunan Gedung Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang, dengan berpedoman pada rencana kerja Rekayasa Nilai didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Desain awal beton bertulang dengan dimensi :

Kolom : Bentang 4 m dengan dimensi awal 55/55

Bentang 4 m dengan dimensi awal 40/40

Bentang 4 m dengan dimensi awal 30/30

Balok : Bentang 6 dan 7 m dengan dimensi awal 30/60

Bentang 3 dan 5 m dengan dimensi awal 25/50

Alternatif pengganti struktur tengah yang efisien dan efektif

Kolom : Bentang 4 m dengan section profil WF 300x300x10x15

Bentang 4 m dengan section profil WF 250x250x9x14

Balok : Bentang 6 dan 7 m dengan section profil WF 200x200x8x12

Bentang 3 dan 5 m dengan section profil WF 175x175x7.5x11

2. Besar penghematan yang diperoleh :

Struktur tengah item balok dan kolom dengan design awal beton bertulang sebesar Rp. 2.715.032.033,- dan diganti alternatif baja profil Wide Flange (WF) lebih murah yaitu sebesar Rp. 1.927.192.938,- Besarnya penghematan yang dihasilkan yaitu sebesar Rp. 787.839.095,- (sebesar 29.02% dari biaya

desain awal) sehingga struktur baja profil Wide Flange (WF) layak untuk diusulkan sebagai alternatif pengganti dari rencana awal.

## **5.2 Saran**

Dari kesimpulan diatas saya mempunyai saran sebagai berikut :

1. Umur rencana konstruksi disesuaikan dengan konstruksi yang dipakai karena setiap material mempunyai umur konstruksi yang berbeda tergantung pada jenis konstruksi dan fungsinya.
2. Dalam merencanakan suatu proyek, pemilik perlu mengikutsertakan konsultan value engineering agar didalam penyusunan anggaran didapat penghematan yang tinggi.
3. Dalam merencanakan suatu pekerjaan konstruksi bangunan dibutuhkan beberapa perbandingan desain alternatif, baik dalam hal alternatif desain maupun material sehingga didapatkan perencanaan yang paling ekonomis.
4. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan ide kreatifnya dengan merekayasa nilai struktur bawah gedung dengan tetap memperhatikan fungsinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chandra, S. 1986, *Proyek Pembangunan Konsultan Indonesia*, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-729-2000.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, SKBI-1.3.53.1987.
- Dell' Isola, Alphonse J, 1975, *Value Engineering in the Construction Industry*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Gunawan, Rudy. 1987, *Tabel Profil Konstruksi Baja*, Yogyakarta.
- Jumati, Masdin (2005), *Analisa Rekayasa Nilai Dengan Metode Fast & Analytical Hierarchy Proses* pada Proyek Gedung Regional Indosat Semarang.
- Pradana, Aditya Han (2012), *Aplikasi Value Engineering pada Struktur Tengah Proyek Pembangunan Hotel OJ Malang*.
- Soeharto, Iman. 2001. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.
- Salmon, G. Charles dan Johnson, J.E. 1994, *Struktur Baja Desain dan perilaku Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Winata Surya dan Santoso Deddy (2011), *Penerapan Rekayasa Nilai Pada Suatu Proyek Rumah Tinggal*.
- Zimmerman, 1982, *Value Engineering : A Practical Approach Owners for Owners, designer and Contractors*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.

**Tabel 4.12 Berat Profil Baja Alternatif A**

**Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94.00	3384.00
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F, 11 A - F, 5 - 7 G	4	33	250x250x9x14	72.40	2389.20
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	200x200x8x12	49.90	548.90
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	200x200x8x12	49.90	1097.80
4	Balok	Line 2 - 10 A-F dan 5 - 7 F'-G	5	76	175x175x7.5x11	40.20	3055.20
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	175x175x7.5x11	40.20	1608.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>12083.10</b>

Sumber : Hasil Perhitungan



## Lantai 2

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F, 11 A - F, 5 - 7 G	4	33	250x250x9x14	72.4	2389.20
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	350x175x7x11	49.9	548.90
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	350x175x7x11	49.9	1097.80
4	Balok	Line 2 - 10 A-F dan 5 - 7 F'-G	5	76	175x175x7.5x11	40.2	3055.20
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	175x175x7.5x11	40.2	1608.00
Berat Total Profil							<b>12083.10</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

## Lantai 3

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	200x200x8x12	49.9	449.10
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	200x200x8x12	49.9	898.20
3	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	175x175x7.5x11	40.2	2251.20
Berat Total Profil							<b>6982.50</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Lantai 4**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	200x200x8x12	49.9	449.10
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	200x200x8x12	49.9	898.20
4	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	175x175x7.5x11	40.2	2251.20
Berat Total Profil							<b>6982.50</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Lantai 5**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	200x200x8x12	49.9	449.10
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	200x200x8x12	49.9	898.20
4	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	175x175x7.5x11	40.2	2251.20
Berat Total Profil							<b>6982.50</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.17 Berat Profil Baja Alternatif B**

**Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	88.76	3195.36
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F,	4	33	250x250x9x14	68.32	2254.56
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	200x200x8x12	47.10	518.10
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	200x200x8x12	47.10	1036.20
4	Balok	Line 2 - 10 A - F dan 5 -7 F'-G	5	76	200x200x8x12	47.10	3579.60
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	200x200x8x12	47.10	1884.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>12467.82</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

## Lantai 2

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	88.76	3195.36
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F,	4	33	250x250x9x14	68.32	2254.56
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	200x200x8x12	47.10	518.10
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	200x200x8x12	47.10	1036.20
4	Balok	Line 2 - 10 A - F dan 5 - 7 F' -	5	76	200x200x8x12	47.10	3579.60
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 -	3	40	200x200x8x12	47.10	1884.00
Berat Total Profil							<b>12467.82</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

## Lantai 3

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	88.76	3195.36
2	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	200x200x8x12	47.10	423.90
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	200x200x8x12	47.10	847.80
3	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	200x200x8x12	47.10	2637.60
Berat Total Profil							<b>7104.66</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Lantai 4**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	88.76	3195.36
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	200x200x8x12	47.10	423.90
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	200x200x8x12	47.10	847.80
4	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	200x200x8x12	47.10	2637.60
Berat Total Profil							<b>7104.66</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Lantai 5**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	88.76	3195.36
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	200x200x8x12	47.10	423.90
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	200x200x8x12	47.10	847.80
4	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	200x200x8x12	47.10	2637.60
Berat Total Profil							<b>7104.66</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.22 Berat Profil Baja Alternatif C**

**Lantai 1**

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Juml ah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F,	4	33	250x250x9x14	72.4	2389.20
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	450x175x16.2x24.3	115	1265.00
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	450x175x16.2x24.3	115	2530.00
4	Balok	Line 2 - 10 A - F dan 5 -7 F'-G	5	76	300x150x10.8x16.2	54.2	4119.20
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 - 2 dan 10 - 11 A - F, 5 - 7 F - G	3	40	300x150x10.8x16.2	54.2	2168.00
<b>Berat Total Profil</b>							<b>15855.40</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

## Lantai 2

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Kolom	Line 1 - 11 A dan F, 1 A - F,	4	33	250x250x9x14	72.4	2389.20
3	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	11	450x175x16.2x24.3	115	1265.00
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	22	450x175x16.2x24.3	115	2530.00
4	Balok	Line 2 - 10 A - F dan 5 - 7 F' -	5	76	300x150x10.8x16.2	54.2	4119.20
		Line 1 - 11 A - B dan E - F, 1 -	3	40	300x150x10.8x16.2	54.2	2168.00
Berat Total Profil							<b>15855.40</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

## Lantai 3

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	450x175x16.2x24.3	115	1035.00
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	450x175x16.2x24.3	115	2070.00
3	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	300x150x10.8x16.2	54.2	3035.20
Berat Total Profil							<b>9524.20</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

#### Lantai 4

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	450x175x16.2x24.3	115	1035.00
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	450x175x16.2x24.3	115	2070.00
3	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	300x150x10.8x16.2	54.2	3035.20
Berat Total Profil							<b>9524.20</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

#### Lantai 5

No.	Keterangan	Area	Panjang (m)	Jumlah	Profil	Berat Kg/m	Berat Total Kg
1	Kolom	Line 2 - 10 B - E	4	36	300x300x10x15	94	3384.00
2	Balok	Line 2 - 10 C - D	6	9	450x175x16.2x24.3	115	1035.00
		Line 2 - 10 B - C dan D - E	7	18	450x175x16.2x24.3	115	2070.00
3	Balok	Line 2 - 10 B - E	5	56	300x150x10.8x16.2	54.2	3035.20
Berat Total Profil							<b>9524.20</b>

Sumber : Hasil Perhitungan



Alternatif diseleksi kembali dengan memprioritaskan nilai tertinggi dan terendah terhadap 6 kriteria yaitu estetika, teknis pelaksanaan, keawetan, pengawasan mutu, kekuatan dan biaya. Nilai terendah akan dimasukkan dalam kategori prioritas kerugian yaitu  $< 10$  poin, sedangkan  $\geq 10$  dimasukkan dalam kategori prioritas keuntungan

**Tabel Seleksi Alternatif Terpilih**

No.	Alternatif	Kriteria	Responden A	Responden B	Responden C	Responden D	Bobot	Penilaian Prioritas
1	Balok dan Kolom Baja WF	Estetika	3	2	3	3	11	5
		Teknis Pelaksanaan	3	3	3	3	12	
		Keawetan	3	4	3	3	13	
		Pengawasan Mutu	3	3	3	4	13	
		Kekuatan	3	4	4	3	14	
		Biaya	1	2	1	2	6	
2	Balok dan Kolom Baja Castella	Estetika	3	3	3	3	12	5
		Teknis Pelaksanaan	3	1	3	3	10	
		Keawetan	3	3	4	3	13	
		Pengawasan Mutu	3	3	3	4	13	
		Kekuatan	3	3	3	3	12	
		Biaya	2	2	1	1	6	

No.	Alternatif	Kriteria	Responden A	Responden B	Responden C	Responden D	Bobot	Penilaian Prioritas
3	Balok Baja INP dan Kolom Baja WF	Estetika	2	2	3	3	10	5
		Teknis Pelaksanaan	2	2	3	3	10	
		Keawetan	2	3	3	2	10	
		Pengawasan Mutu	3	2	3	3	11	
		Kekuatan	3	3	3	3	12	
		Biaya	2	2	1	1	6	
4	Balok dan Kolom Baja Canal	Estetika	3	2	3	3	11	2
		Teknis Pelaksanaan	2	2	2	2	8	
		Keawetan	3	3	3	2	11	
		Pengawasan Mutu	2	2	2	2	8	
		Kekuatan	2	2	2	2	8	
		Biaya	2	1	1	1	5	
5	Balok dan Kolom Baja Hollow	Estetika	3	2	3	3	11	2
		Teknis Pelaksanaan	2	2	2	2	8	
		Keawetan	3	2	3	3	11	
		Pengawasan Mutu	2	2	2	2	8	
		Kekuatan	2	2	2	2	8	
		Biaya	2	1	1	1	5	

No.	Alternatif	Kriteria	Responden A	Responden B	Responden C	Responden D	Bobot	Penilaian Prioritas
6	Balok dan Kolom Beton Prategang	Estetika	2	2	2	2	8	3
		Teknis Pelaksanaan	2	2	2	2	8	
		Keawetan	3	3	3	3	12	
		Pengawasan Mutu	3	3	3	3	12	
		Kekuatan	3	3	3	3	12	
		Biaya	2	2	1	1	6	
7	Balok dan Kolom Kayu	Estetika	3	2	3	2	10	2
		Teknis Pelaksanaan	2	2	2	2	8	
		Keawetan	2	2	2	2	8	
		Pengawasan Mutu	3	2	3	2	10	
		Kekuatan	2	2	2	2	8	
		Biaya	2	1	1	1	5	