

## PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA GEDUNG MARKAS KOMANDO DAERAH MILITER MANADO

William Melkisedek Kumendong

Ariestides K. T. Dundu, Jermias Tjakra

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: willykumendong@yahoo.com

### ABSTRAK

*Value Engineering* adalah suatu pendekatan yang bersifat kreatif dan sistematis dengan tujuan mengurangi atau menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan dengan tetap mempertahankan tingkat kualitas dan ketahanan sesuai yang diharapkan. *Value Engineering* merupakan alat teknik dasar yang dapat diganti dengan sistem lain dari manajemen proyek, karena teknik ini adalah teknik dasar maka dapat digunakan untuk menunjang sehubungan dengan system yang lain. Dunia *Engineer* masa kini sudah banyak sekali perubahan – perubahan yang disebabkan oleh kemajuan teknologi untuk mempermudah engineer untuk merencanakan bangunan Teknik Sipil. Penerapan *Value Engineering* ini adalah hasil dari Teknik mengganti atau mengurangi bahan yang dipakai tanpa menghilangkan kekuatan dan estetika dari struktur itu sendiri, dengan bantuan software SAP2000 v14 maka analisis pada suatu struktur tidak lagi menjadi masalah, dengan demikian maka *Value Engineering* dapat diterapkan dengan baik dengan memperhatikan aspek – aspek keteknikan yang ada.

**Kata Kunci:** Penerapan, Proyek, SAP2000, Teknologi, Value Engineering.

### PENDAHULUAN

#### Latar belakang

Pada pembangunan sebuah gedung seringkali terdapat pembengkakan biaya proyek yang membuat *Owner* tidak mendapatkan hasil yang optimal dan efektif dari sisi biaya dan mutu. Fakta tersebut juga didukung dengan pernyataan beberapa studi yang telah dilakukan para ahli, bahwa dalam setiap perencanaan proyek pasti memiliki potensi biaya yang tidak diperlukan sehebat apapun tim perencana tersebut. Untuk dapat menekan biaya yang besar sebagai penghematan pada suatu proyek pembangunan namun tetap dapat memenuhi kebutuhan atau fungsi yang disyaratkan dalam perencanaan yang telah dibuat, maka dibutuhkan metode *Value Engineering* (Rekayasa Nilai) tanpa mengesampingkan persyaratan yang telah ditetapkan, baik secara fungsi dan mutu.

Rekayasa Nilai digunakan untuk mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah atau paling ekonomis.

Proses VE sendiri meliputi proses perencanaan struktur, metode konstruksi pada saat pelaksanaan proyek, dan pemilihan bahan/material. Aplikasi VE membutuhkan suatu

kreativitas untuk mengubah perencanaan pekerjaan struktur dengan pemilihan alternatif desain tanpa mengurangi kualitas, keamanan, kekuatan, dan sebagainya sehingga diperoleh konstruksi yang optimal. Penelitian ini mengambil studi kasus pada gedung Markas Komando Daerah Militer Manado (MAKODAM).

#### Rumusan Masalah

Apakah ada alternatif terbaik yang dapat mengganti desain awal pada item pekerjaan terpilih gedung Markas Komando Daerah Militer Manado? Dan berapa penghematan biaya yang diperoleh dari penerapan VE pada gedung Markas Komando Daerah Militer Manado?

#### Tujuan Penelitian

Mendapatkan alternatif terbaik dengan menerapkan metode *Value Engineering* terhadap struktur (balok dan kolom).

Untuk Mendapatkan penghematan biaya dan perbedaan biaya total rencana yang diperoleh dari penerapan *Value Engineering*.

#### Batasan Masalah

Batasan Masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan harga satuan untuk menghitung anggaran biaya pekerjaan alternatif diambil

sesuai dengan data yang ada pada Rencana Anggaran Biaya (RAB).

2. Analisis *Value Engineering* hanya dilakukan pada struktur bangunan khususnya pekerjaan (balok dan kolom).
3. Desain yang dianalisa diperoleh dari gambar desain perencana.

### Manfaat Penelitian

Memberikan pengetahuan tentang *Value Engineering* kepada penulis dan pihak lain.

## LANDASAN TEORI

### Definisi Value Engineering (Rekayasa Nilai)

*Value Engineering* adalah suatu pendekatan yang bersifat kreatif dan sistematis dengan tujuan mengurangi atau menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan dengan tetap mempertahankan tingkat kualitas dan ketahanan sesuai yang diharapkan.

### Konsep Utama VE

Usaha efisiensi dana pembangunan fisik, dapat dilakukan dengan menerapkan konsep VE untuk menghasilkan biaya pelaksanaan fisik serendah rendahnya sesuai dengan batasan fungsional dan teknis yang berlaku.

Konsep VE menggunakan pendekatan fungsional sebagai pendekatan dasar dalam melakukan studi yang dilakukan dengan cara :

- a. *Function definition*, menentukan fungsi utama yang harus diperankan oleh bagian yang menjadi objek studi.
- b. *Function evaluation*, mengeliminasi bagian-bagian yang tidak diperlukan.
- c. *Function alternatif*, mengembangkan alternatif penyelesaian.
- d. Membandingkan dengan mempertimbangkan biaya siklus hidup.

### Dasar Pertimbangan Melakukan Studi VE

Desainer atau konsultan dalam melakukan desainnya sering terjadi ketidaksesuaian paham dengan pemilik proyek (*owner*) antara permintaan pemilik dan terjemahan desainer akan permintaan-permintaan itu kedalam rencana serta spesifikasi pekerjaannya, sehingga banyak terjadi biaya-biaya yang tidak berguna (*unnecessary cost*).

### Hubungan VE dengan Program-Program Penghematan Biaya Lain

*Value Engineering* adalah merupakan alat teknik dasar yang dapat diganti dengan sistem lain dari manajemen proyek,

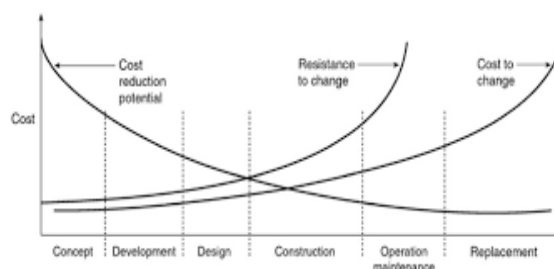
Asiyanto (2005), menyatakan bahwa penghematan yang diperoleh dalam aplikasi VE adalah penghematan yang juga berkaitan dengan waktu, metode, tenaga, dan aspek-aspek lain yang berhubungan dengan biaya investasi proyek. Penghematan-penghematan tersebut dapat digolongkan menjadi:

1. Yang bersifat *colateral*, yaitu penghematan yang terjadi dalam lingkup pekerjaan kontraktor, sehingga kontraktor berhak atas hasil penghematan tersebut.
2. Yang bersifat *acquisition*, yaitu penghematan yang terjadi berupa pembelian atau pembelian di luar lingkup pekerjaan kontraktor, sehingga kontraktor tidak berhak atas hasil penghematan tersebut.

### Penerapan Value Engineering

Penerapan *Value Engineering* menggunakan upaya profesional untuk mengoptimalkan biaya total, mengalokasikan biaya dan waktu, menggunakan rencana manajemen setelah melalui pendekatan fungsional penyelesaian masalah, menggunakan tim *Value Engineering* yang tidak terlibat dalam pengambilan keputusan sebelumnya serta mendokumentasikan hasil kajian serta sistem *feed back*. Ketika mengimplementasikan VE,

Disini waktu sangatlah penting yaitu pada tahap konsep dan berlanjut sampai desain selesai dan selanjutnya pada waktu pelaksanaan pekerjaan. Dell'Isola mengilustrasikan biaya dengan siklus tersebut seperti terlihat pada Gambar 1. Siklus Biaya

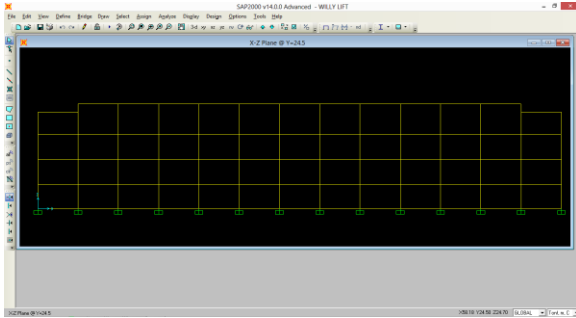


Gambar 1. Siklus Biaya

### Pemodelan, Pembebanan dan Analisis Struktur dengan SAP2000 v14

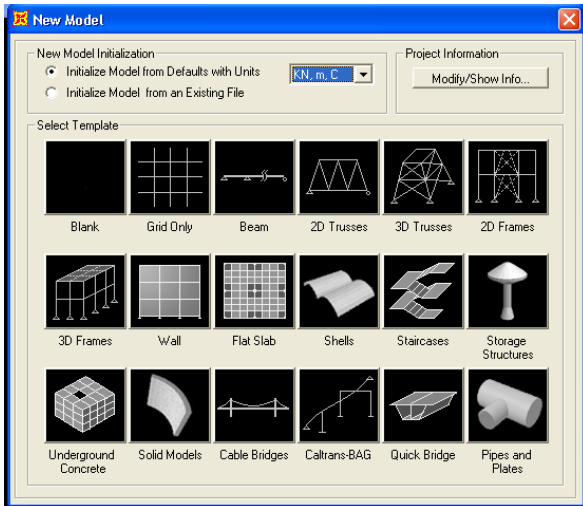
#### a. GRID

Struktur yang direncanakan adalah gedung MAKODAM bertingkat tiga seperti yang dimunculkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur gedung (tampak depan)

Penentuan panjang dan jumlah grid yang akan digunakan pada SAP 2000 disesuaikan dengan struktur yang akan direncanakan. Pada awal pemodelan, digunakan template Grid Only dan kemudian satuannya diubah menjadi kN, m, C karena gaya-gaya yang akan dimasukkan dalam satuan kN.



Gambar 3. Pilihan untuk New Model

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Tahap penelitian**

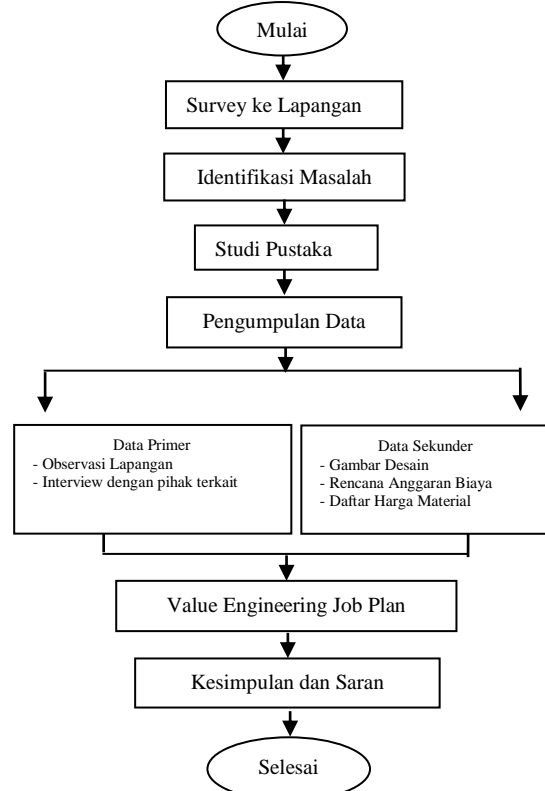
Metodologi penelitian adalah sekumpulan peraturan, kegiatan, dan prosedur yang digunakan oleh pelaku suatu disiplin ilmu. Metodologi juga merupakan analisis teoritis mengenai suatu cara atau metode. Metode *Value Engineering* mempunyai tahapan penyelesaian dalam penerapan pada suatu proyek. Dalam hal ini pada bangunan Markas Komando Daerah Militer Manado (MAKODAM).

**Langkah Penelitian**

Langkah-langkah dalam penelitian ini dimulai dengan *survey* lapangan dalam studi

kasus pada bangunan Markas Komando Daerah Militer Manado (MAKODAM), kemudian mengidentifikasi masalah yang timbul dan dilanjutkan dengan studi pustaka.

**Bagan Alir Penelitian**



Gambar 4. Bagan Alir

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Value Engineering**

**Tahap Informasi**

Tahap informasi dari proyek Value Engineering meliputi merumuskan masalah, mengumpulkan fakta, mengenal objek (produk) dengan mengkaji fungsi dan mencatat biaya. Output pada tahap informasi ini adalah perkiraan biaya untuk melakukan fungsi dasar.

**Biaya struktur Lantai dasar**

#	Pak. Pondasi Dan Beton				4,582,404,185
1	Pondasi tiang pancang beton uk. 30 X 30 cm	1,392.00	m1	907.200	1,262,822,400
2	Poer plat beton K - 350 uk. 1.75 X 1.75 X 60 cm	7.35	m3	5,011,350	36,833,423
3	Poer plat beton K - 350 uk. 1.5 X 1.5 X 60 cm	28.70	m3	5,011,350	189,429,030
4	Poer plat beton K - 350 uk. 0.75 X 1.5 X 60 cm	29.70	m3	5,011,350	148,837,095
5	Poer plat beton K - 350 uk. 0.75 X 0.75 X 60 cm	10	bh	5,011,350	14,733,369
6	Pas sloof pondasi 30/50 K - 350	120.60	m3	5,253,400	637,178,040
7	Pas Pondasi batu kali 1 : 4 drop car	118.60	m3	769,450	91,258,770
8	Pas. Kolom beton 30/50	9.52	m3	4,553,900	43,352,176
9	Pas. Kolom beton 40/40	2.28	m3	6,714,100	15,308,148
10	Pas. Kolom beton 20/30	41.44	m3	6,714,100	278,232,304
11	Pas. Kolom beton praktis 12/12	1.82	m3	6,714,100	12,246,518
12	Pas. Batok 30/50	6.01	m3	4,359,400	26,214,990
13	Pas. Batok 20/30	84.96	m3	6,802,450	577,936,152
14	Pas. Batok 30/30	3.51	m3	6,802,450	23,876,600
15	Pas. Dag beton tbl. 12 cm	5.88	m3	6,802,450	39,988,406
16	Pas. Tangga beton	198.65	m3	5,437,500	1,080,170,033
17	Pas. Rabat beton tbl. 5 cm	12.48	m3	5,437,500	67,860,000
18	Pas. Meja pantry beton lapis keramik lengkap + kitchen sink + kran	31.64	m3	841,300	26,618,732
19		2.00	unit	4,750,000	9,500,000

**Biaya Struktur Lantai 1**

LANTAI I				4,816,240,186
1	Pek. Beton			2,050,044,243
1	Pas. Kolom beton 40/40	31.73 m <sup>3</sup>	6,813,700	216,161,667
2	Pas. Kolom beton praktis 12/12	4.67 m <sup>3</sup>	4,458,950	20,803,677
3	Pas. Kolom 20/30	1.37 m <sup>3</sup>	6,813,700	9,334,769
4	Pas. Balok 30/50	84.96 m <sup>3</sup>	6,889,050	585,293,688
5	Pas. Balok 30/65	3.51 m <sup>3</sup>	6,889,050	24,180,566
6	Pas. Balok 20/35	2.10 m <sup>3</sup>	6,889,050	14,467,005
7	Pas. Dag beton tbt. 12 cm	198.65 m <sup>3</sup>	5,520,400	1,096,638,280
8	Pas. Tangga beton	12.48 m <sup>3</sup>	5,520,400	68,894,592
9	Pas. Meja pantry beton lapis keramik lengkap + kitchen sink + kran	3.00 unit	4,750,000	14,250,000

**Biaya Struktur Lantai 2**

LANTAI II				4,390,956,708
1	Pek. Beton	31.73		2,082,603,867
1	Pas. Kolom beton 40/40	41.44 m <sup>3</sup>	6,842,150	283,538,696
2	Pas. Kolom 20/30	1.37 m <sup>3</sup>	6,842,150	9,373,746
2	Pas. Kolom 10/12	4.98 m <sup>3</sup>	4,487,400	22,332,174
3	Pas. Balok 30/50	84.96 m <sup>3</sup>	6,913,800	587,396,448
4	Pas. Dag beton tbt. 12 cm	198.65 m <sup>3</sup>	5,543,750	1,101,276,803
5	Pas. Tangga beton	12.48 m <sup>3</sup>	5,543,750	69,186,000
6	Pas. Meja pantry beton lapis keramik lengkap + kitchen sink + kran	2.00 unit	4,750,000	9,500,000

**Biaya Struktur Lantai 3**

LANTAI III				5,557,522,387
1	Pek. Beton	23.15		1,020,598,205
1	Pas. Kolom beton 40/40	23.15 m <sup>3</sup>	6,870,600	159,071,567
2	Pas. Kolom 20/30	3.46 m <sup>3</sup>	6,870,600	23,744,794
3	Pas. Kolom beton praktis 12/12	5.68 m <sup>3</sup>	4,515,850	25,647,138
4	Pas. Balok 30/50	33.12 m <sup>3</sup>	6,938,550	229,804,776
5	Pas. Meja pantry beton lapis keramik lengkap + kitchen sink + kran	4.00 unit	4,750,000	19,000,000
6	Pas. Dinding precast atas talang	28.00 unit	3,418,827	95,727,169
7	Pas. Talang beton	67.39 m <sup>3</sup>	6,938,550	467,602,762

Total biaya Pekerjaan beton untuk seluruh lantai:

- Lantai Dasar = Rp 4.582,404,185
- Lantai 1 = Rp 2.050,044,243
- Lantai 2 = Rp 2.082,603,867
- Lantai 3 = Rp 1.020,598,205

Total Anggaran Struktur = Rp 9,735,650,501

Total Anggaran Makodam = Rp 26,983,419,247

Dari RAB dapat dilihat bahwa pekerjaan struktur memiliki rencana biaya yang sangat besar dibanding pekerjaan lainnya yaitu sebesar 36,08% dari total biaya pekerjaan.

**Tahap Kreatif atau Spekulasi**

Pada proyek pembangunan Gedung Makodam ini diperlukan kreativitas dan konsep perhitungan yang tepat agar diperoleh alternatif struktur yang aman, tetapi juga efisien, dan optimal dengan tetap memperhatikan mutu dan kualitas yang baik.

**Tahap Analisa**

Tahap Analisa adalah tahapan dari studi rekayasa nilai untuk menentukan alternatif yang nantinya akan digunakan sebagai alternatif studi rekayasa nilai. Dalam hal ini dilakukan analisis pada struktur dengan bantuan software SAP2000 v14 agar struktur kolom atau balok bisa disiasati dengan cara merubah ukuran/ dimensi atau

mengurangi tulangan tanpa mengurangi kekuatan struktur.

**Spesifikasi Bahan dan Penampang**

**a. Spesifikasi Material untuk Struktur Beton Bertulang**

**Mutu Beton**

- Pelat : K-300 (Fc' = 25 MPa)
- Balok : K-300 (Fc' = 25 MPa)
- Tie Beam : K-300 (Fc' = 25 MPa)
- Kolom : K-300 (Fc' = 25 MPa)

**K300 Specified Conc. Comp Strenght,**

$$f'c = 0.83 \times \sigma_{bk}$$

$$= 0.83 \times 300$$

$$= 249 \text{ kg/cm}^2 = 25 \text{ MPa}$$

Modulus of elasticity (SNI 03-2847-2002 pasal 10.5)

$$K300 = 4700 \sqrt{f'c} \text{ MPa}$$

$$= 4700 \sqrt{25} \times 10$$

$$= 2.35 \times 10^5 \times 10.000$$

$$= 2.35 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$$

beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>

**Mutu Baja Tulangan:**

Fy : 2400 kg/cm<sup>2</sup> (240MPa), untuk Ø < 10mm (BJTP 24)

Fy : 4000 kg/cm<sup>2</sup> (400MPa), untuk Ø ≥ 10mm (BJTP 40)

Phi (Tension Controlled) = 0.8 (SNI 03-2874-02 pasal 11.3)

**b. Spesifikasi Material baja untuk tulangan Mutu Baja : BJ 37**

**Tulangan Ulir (> D16)**

- Tegangan leleh (fy) = 400 MPa
- Tegangan putus (fu) = 520 MPa
- Modulus Elastisitas (E) = 200 GPa
- = 2 x 10<sup>5</sup> MPa = 2x10<sup>10</sup> kg/m<sup>2</sup>
- angka poisson (μ) = 0.3

**Tulangan polos (<D10)**

- Tegangan leleh (fy) = 240 MPa
- Tegangan putus (fu) = 320 MPa
- Modulus Elastisitas (E) = 200 GPa
- = 2 x 10<sup>5</sup> Mpa = 2x10<sup>10</sup> kg/m<sup>2</sup>
- angka poisson (μ) = 0.3

**Pembebanan (bata merah)**

1. Beton γ = 2400 kg/m<sup>3</sup>
2. Beban hidup lantai = 250 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban hidup Atap = 100 kg/m<sup>2</sup>

4. Beban Mati Tambahan (SDL)

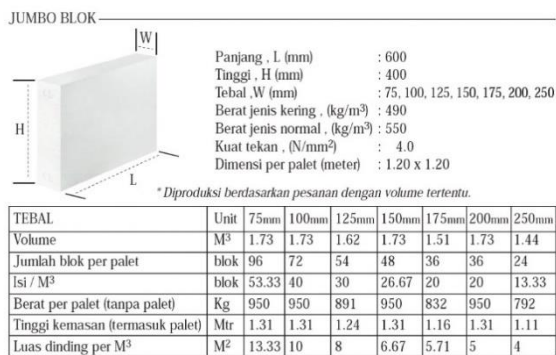
- Plafon + penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi (2cm)v= 2 x 21 x 1 = 42 kg/m<sup>2</sup>
- Keramik (1cm) = 1 x 24 = 24 kg/m<sup>2</sup>
- Beban dinding = 3.8 x 250kg/m = 950 kg/m<sup>2</sup>

Total beban mati tambahan = 1034 kg/ m<sup>2</sup>

**Pembebanan (bata ringan)**

5. Beton  $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
6. Beban hidup lantai(LL)= 250 kg/m<sup>2</sup>
7. Beban hidup Atap(LL) = 100 kg/m<sup>2</sup>
8. Beban Mati Tambahan (SDL)
  - Plafon + penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>
  - Spesi (2cm) = 2 x 21 x 1 = 42 kg/m<sup>2</sup>
  - Keramik (1cm) = 1 x 24 = 24 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban dinding = 3.8 x 100 kg/m = 380 kg/m<sup>2</sup>

Total beban mati tambahan = 464 kg/ m<sup>2</sup>



Gambar 5. Spesifikasi bata ringan

**Beban Sendiri**

Berat sendiri komponen struktur (DL) sudah dihitung secara otomatis oleh SAP2000 berdasarkan input data dimensi dan karakteristik material yang direncanakan.

**Total Berat Bangunan**

GroupName	SelfMass	SelfWeight	TotalMassX	TotalMassY	TotalMassZ
Text	N-s2/mm	N	N-s2/mm	N-s2/mm	N-s2/mm
ALL	2961.137	29038830.22	2961.137	2961.137	2961.137
lantai 3	622.08	6100520.96	622.08	622.08	622.08
lantai 1	656.64	6439438.79	656.64	656.64	656.64
lantai 2	622.08	6100520.96	622.08	622.08	622.08
lantai atap	574.069	5629693.26	574.069	574.069	574.069

**Beban Gempa**

**Waktu Getar Alami**

Taksiran waktu getar alami (T1) secara empiris:

Hn (tinggi bangunan)= 16.05 m

Ct (coefisien) = 0,0731

T1 = Ct (hn)<sup>3/4</sup>

$$= 0,0731 \times (16.05)^{3/4}$$

= 0,586 detik

**Koefisien Pembatas Untuk Gedung**

Wilayah Gempa	Koefisien pembatas ( $\zeta$ )
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1726-2002)

$\zeta = 0,16$  (Tabel koefisien  $\zeta$  yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung)

n = 3 tingkat

maka,  $T = \zeta \cdot n = 0,16 \times 3$

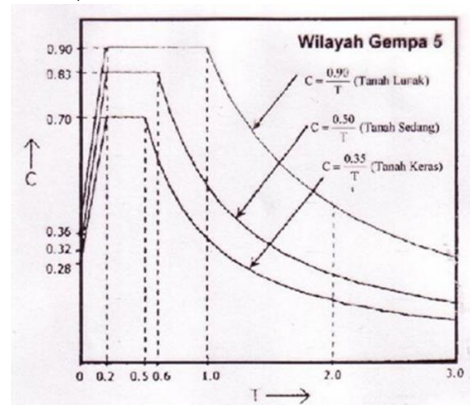
$$= 0,48 \text{ detik} < T \text{ empiris} = 0,586 \text{ detik} \text{ --}$$

-> OK dipakai T = 0.48

**Perhitungan beban geser dasar nominal statik ekuivalen (V)**

V dihitung dengan rumus pada SNI 03-1726-2002

C1 besarnya diambil dari grafik SNI 1726 di bawah ini,



**Nilai C pada wilayah gempa 5**

Dipilih wilayah gempa 5 karena Sulawesi termasuk wilayah gempa 5

Wilayah Gempa V,

Tanah sedang

T1 = 0,48 detik, maka berdasarkan Gambar 2 SNI 1726, diperoleh

C1 = 0,83

Faktor keutamaan gempa ( I ) sesuai SNI 1726 tabel 1 I = 1

Struktur Gedung ini termasuk dalam kategori struktur sistem ganda, struktur rangka penahan momen khusus dengan dinding geser beton bertulang (tingkat daktilitas penuh) dengan besarnya nilai faktor reduksi gempa R= 8,5.

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t$$

$$V = \frac{0.83 \times 1}{8.5} \times 2,903,883.02$$

$$V = 283,555.65 \text{ kg}$$

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i Z_i} V$$

Untuk mencari gaya gempa masing-masing lantai maka berat lantai harus dihitung dan Program SAP2000 dapat menghitung berat bangunan secara otomatis, dan hasilnya terlihat seperti gambar dibawah ini :

**Gaya Gempa Masing-masing Lantai**

GroupName Text	Z m	W kg	WIZI	F(XY) kg	FX 0.25F	FY 0.2F
ALL		29,038,830.22				
lantai 3	11.35	6,100,520.96	6,924,091.29	85,436.39	21,359.10	17,087.28
lantai 1	3.75	6,439,438.79	2,414,789.55	29,796.10	7,449.02	5,959.22
lantai 2	7.55	6,100,520.96	4,605,893.32	56,832.14	14,208.03	11,366.43
lantai atap	16.05	5,629,693.26	9,035,657.68	111,491.02	27,872.76	22,298.20
			22,980,431.84			

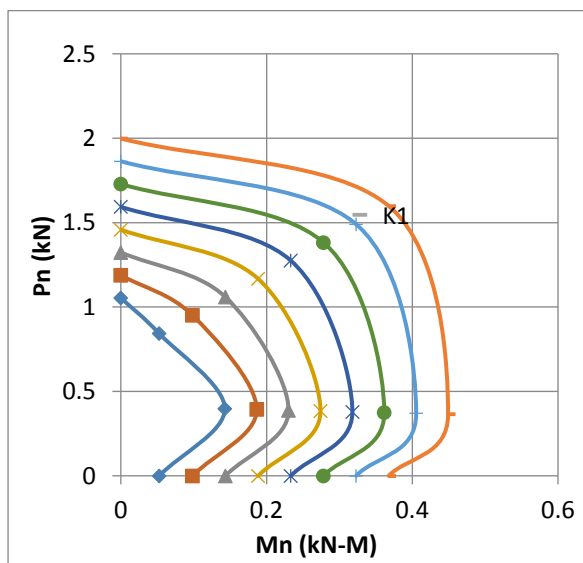
**Rekapitulasi momen output SAP2000 v14**

Beban dinding 250 kg bata merah			
Kolom 35 x 35		Balok 30 x 40	
Mu (kNm)	233.02	Mu (kNm)	156.49
Pu (kN)	3140.56	Vu (kN)	198.013

Beban dinding 100 kg bata ringan			
Kolom 35 x 35		Balok 30 x 40	
Mu (kNm)	164.33	Mu (kNm)	114.25
Pu (kN)	2348.37	Vu (kN)	140.4

**Perhitungan Tulangan Kolom menggunakan diagram interaksi**

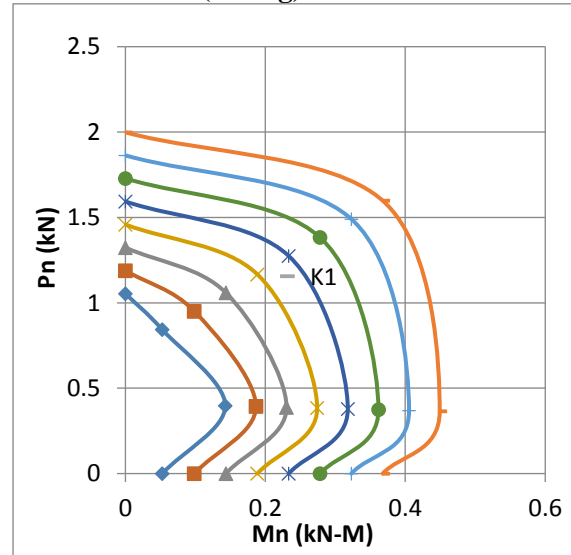
**Kolom 35 x 35 (250 kg)**



Type	K1
Lokasi	Lt. 1
P(kg)	314057
M(kg-m)	23302

Perencanaan Tulangan	
Mu (kNm)	233.021
Pu/□□(kN)	3140.565
Ag (mm <sup>2</sup> )	122500
e (mm)	74.20
Pu/(0,85*f <sup>c</sup> *Ag*Ø)	1.5467
Ø use	0.65
Pu/(0,85*f <sup>c</sup> *Ag*Ø)	
x (e/h)	0.3279
ρ pakai	0.015
A <sub>perlu</sub> (mm <sup>2</sup> )	1,838
Dipasang	8 d19
Apakai (mm <sup>2</sup> )	1984
Atau	
Dipasang tul utama	4 d19
Apakai (mm <sup>2</sup> )	1134
Dipasang tul ekstra	3 d19
Apakai (mm <sup>2</sup> )	850
Atot pakai (mm <sup>2</sup> )	1984

**Kolom 35 x 35 (100 kg)**



Type	K1
Lokasi	Lt. 1
P(kg)	234837
M(kg-m)	16433

<b>Perencanaan Tulangan</b>	
Mu (kNm)	164.33
Pu/□□(kN)	2348.37
Ag (mm <sup>2</sup> )	122500
e (mm)	69.98
Pu/(0,85*fc*Ag*Ø)	1.1566
Ø use	0.65
Pu/(0,85*fc*Ag*Ø)	
x (e/h)	0.2312
ρ pakai	0.015
<i>A<sub>perlu</sub></i> (mm <sup>2</sup> )	1,838
<i>Dipasang</i>	<b>8 d19</b>
<i>Apakai</i> (mm <sup>2</sup> )	1984
<i>atau</i>	
<i>Dipasang tul utama</i>	<b>4 d19</b>
<i>Apakai</i> (mm <sup>2</sup> )	1134
<i>Dipasang tul ekstra</i>	<b>3 d19</b>
<i>Apakai</i> (mm <sup>2</sup> )	850
<i>Atot pakai</i> (mm <sup>2</sup> )	1984

**Perhitungan tulangan balok (30 x 40) 250 kg**

Mu=	15.649	1.56E+06 (kg.cm)	156,490,000.00	Nmm
h=		40 (cm)	400	mm
d=		36 (cm)	360	mm
b=		30 (cm)	300	mm
fc' =		300 (kg/cm <sup>2</sup> )	30	mpa
fy =		4000 (kg/cm <sup>2</sup> )	400	mpa
1 Koefisien penampang : Rn = Mu/(0.80*0.85*fc'*b*d <sup>2</sup> )				
Rn=		0.19730		
2 Indeks tulangan : ϕn = 1-(1-2*Rn) <sup>0.5</sup>				
ϕn =		0.22193		
3 Rasio tulangan (ρ) :				
a ρ = ϕn*0.85*fc'/fy				
ρ =		0.01415		
b ρmin = 14/fy				
ρmin =		0.00350		
c ρmax = 0.75*0.85*0.85*fc'/fy * 6000/(6000+fy)				
ρmax =		0.02438		
4 Luas tulangan (As) :				
a ρ =		0.01415		
ρmin =		0.00350		
Apakah : { ρ < ρmin } ?	Salah		0	
b ρ =		0.01415		
ρmin =		0.00350		
ρmax =		0.02438		
Apakah : { ρmin < ρ ≤ ρmax } ?	Benar		0.014148	
c ρ =		0.01415		
ρmax =		0.02438		
Apakah : { ρ > ρmax } ?	Salah		0	
Luas tulangan (As) :				
ρ dipakai =		0.01415		
As = ρdipakai*b*d		15,27969	cm <sup>2</sup>	1528
Asmin = $\frac{1.4 \cdot b \cdot d}{fy}$	=	0.378	cm <sup>2</sup>	378
Asmax = $\frac{0.85 \cdot fc' \cdot B1}{fy} \left( \frac{0.003}{0.003 + 0.004} \right)$	b. d =	25.08	cm <sup>2</sup>	2508
maka As dipakai	=	1528	mm <sup>2</sup>	
As' diasumsikan 0,5 x As	=	764	mm <sup>2</sup>	

5 Perhitungan parameter penampang :				
c = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (cm)				
a = tinggi blok tegangan beton ekuivalen (cm)				
Cc = gaya tekan blok tegangan beton (kg)				
Ts = gaya tarik baja tulangan (kg)				
a=As*fy/(0.85*fc'*b)				
a=		7.989	(cm)	
c=a/β1 =a*0.85				
e=		9.399	(cm)	
Cc= a*b*0.85*fc'				
Cc=		6118.8	(kg) =	61.1 (ton)
Ts=As*fy				
Ts=		6118.8	(kg) =	61.1 (ton)
Ts = Cc	(OK)			
Mn = Ts (d - 0.5 β1 C)				
Mn =	1,956,125.00	kgcm		
Mn =	195612500	Nmm		
Mu =	1,564,900.00	kgcm		
Mu =	156490000	Nmm		
syarat : Mn > Mu / ϕ				
195,612,500.00 > 173,877,777.78	(OK)			
Dipakai D19	Luas =	283.52	mm <sup>2</sup>	
As =	1,528.00	mm <sup>2</sup>	5,389391	
As' =	763.98	mm <sup>2</sup>	2,694641	
dipakai	As 6 D 19			
	As' 3 D 19			

**Perhitungan tulangan balok 30 x 40 100 kg**

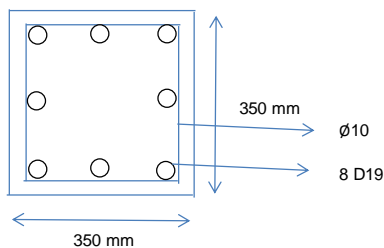
Mu=	11.425	1.14E+06 (kg.cm)	114,250,000.00	Nmm
h=		40 (cm)	400	mm
d=		36 (cm)	360	mm
b=		30 (cm)	300	mm
fc' =		300 (kg/cm <sup>2</sup> )	30	mpa
fy =		4000 (kg/cm <sup>2</sup> )	400	mpa
1 Koefisien penampang : Rn = Mu/(0.80*0.85*fc'*b*d <sup>2</sup> )				
Rn=		0.14405		
2 Indeks tulangan : ϕn = 1-(1-2*Rn) <sup>0.5</sup>				
ϕn =		0.15625		
3 Rasio tulangan (ρ) :				
a ρ = ϕn*0.85*fc'/fy				
ρ =		0.00996		
b ρmin = 14/fy				
ρmin =		0.00350		
c ρmax = 0.75*0.85*0.85*fc'/fy * 6000/(6000+fy)				
ρmax =		0.02438		
4 Luas tulangan (As) :				
a ρ =		0.00996		
ρmin =		0.00350		
Apakah : { ρ < ρmin } ?	Salah		0	
b ρ =		0.00996		
ρmin =		0.00350		
ρmax =		0.02438		
Apakah : { ρmin < ρ ≤ ρmax } ?	Benar		0.009961	
c ρ =		0.00996		
ρmax =		0.02438		
Apakah : { ρ > ρmax } ?	Salah		0	
Luas tulangan (As) :				
ρ dipakai =		0.00996		
As = ρdipakai*b*d		10.75802	cm <sup>2</sup>	1076
Asmin = $\frac{1.4 \cdot b \cdot d}{fy}$	=	0.378	cm <sup>2</sup>	378
Asmax = $\frac{0.85 \cdot fc' \cdot B1}{fy} \left( \frac{0.003}{0.003 + 0.004} \right)$	b. d =	25.08	cm <sup>2</sup>	2508
maka As dipakai	=	1076	mm <sup>2</sup>	
As' diasumsikan 0,5 x As	=	538	mm <sup>2</sup>	
5 Perhitungan parameter penampang :				
c = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (cm)				
a = tinggi blok tegangan beton ekuivalen (cm)				
Cc = gaya tekan blok tegangan beton (kg)				
Ts = gaya tarik baja tulangan (kg)				
a=As*fy/(0.85*fc'*b)				
a=		5.625	(cm)	
c=a/β1 =a*0.85				
e=		6.618	(cm)	

$C_c = a \cdot b \cdot 0,85 \cdot f_c'$			
$C_c =$	43032,1 (kg) =	43,0 (ton)	
$T_s = A_s \cdot f_y$			
$T_s =$	43032,1 (kg) =	43,0 (ton)	
$T_s = C_c$	(OK)		
$M_n = T_s (d - 0,5 \cdot \beta_1 \cdot C)$			
$M_n =$	1,428,125,00 kgcm		
$M_n =$	142812500	Nmm	
$M_u =$	1,142,500,00 kgcm		
$M_u =$	114250000	Nmm	
syarat :	$M_n > M_u / \phi$		
	142,812,500.00 >	126,944,444.44 (OK)	
Dipakai D19	Luas =	283.52 mm <sup>2</sup>	
As =	1,075.80 mm <sup>2</sup>	3.794449	
As' =	537.90 mm <sup>2</sup>	1.897224	
	dipakai	As 4 D 19	
		As' 2 D 19	

### Perbandingan Rencana Awal Kolom

	Perbandingan Rencana awal KOLOM dengan Value Engineering bata merah dan bata ringan					
	Rencana Awal		Value Engineering (250kg bata merah)		Value Engineering (100kg bata ringan)	
	Kolom	Jumlah tulangan	kolom	Jumlah tulangan	kolom	jumlah tulangan
Lt. Dasar	40 x 40	12D16	35 x 35	8D19	35 x 35	8D19
Lt. 2	40 x 40	12D16	35 x 35	8D19	35 x 35	8D19
Lt. 3	40 x 40	12D16	35 x 35	8D19	35 x 35	8D19
Lt. Atap	40 x 40	12D16	35 x 35	8D19	35 x 35	8D19

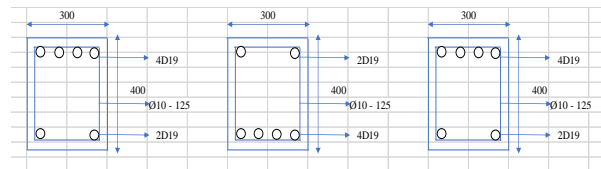
Yang dipakai untuk analisis KOLOM adalah value engineering 100 kg bata ringan dengan ukuran kolom 35 x 35 dan jumlah tulangan 8 D19



### Perbandingan Rencana Awal Balok

	Perbandingan Rencana awal BALOK dengan Value Engineering bata merah dan bata ringan					
	Rencana Awal		Value Engineering (250kg bata merah)		Value Engineering (100kg bata ringan)	
	Balok	Jumlah tulangan	Balok	Jumlah tulangan	Balok	jumlah tulangan
Lt. Dasar	30 x 50	10D16	30 x 40	9D19	30 x 40	6D19
Lt. 2	30 x 50	10D16	30 x 40	9D19	30 x 40	6D19
Lt. 3	30 x 50	10D16	30 x 40	9D19	30 x 40	6D19
Lt. Atap	30 x 50	10D16	30 x 40	9D19	30 x 40	6D19

Yang dipakai untuk analisis BALOK adalah value engineering 100 kg bata ringan dengan ukuran balok 30 x 40 dan jumlah tulangan 6 D19



Tulangan tumpuan Tulangan lapangan Tulangan tumpuan

### Menghitung berat besi total Balok untuk Lantai dasar, lantai 1 dan 2 (708 m)

- Tulangan pokok (atas + bawah) 6 D 19.  
Panjang balok 708 meter,  
Besi beton yang diperlukan  
= 6 bh x 708 meter  
= 4248 m / 12 m = 354 batang,  
= 354 batang x 26,67 kg = 9441.18 kg  
= 9442 kg
- Tulangan begel/pembagi d 10–12,5  
Panjang Total 708 meter,  
Jumlah begel perlu 708/0,125 = 5.664bh.  
Panjang 1 bh besi begel:  
{(8x12,5)} - {(4x4)+(4x4)} + 5cm = 73 cm.  
Angka 12,5 cm adalah lebar/panjang, 4 cm selimut beton atas bawah kiri kanan, 5 cm pembengkokan ujung.  
Total kebutuhan panjang besi untuk begel:  
= 5664 bh x 0,73 m = 4134,72  
= 4135 meter/12  
= 344,58 batang x 7,4 kg = 2549,91  
= 2550 kg.  
Total kebutuhan besi beton (untuk membuat balok sepanjang 708 meter  
= 9442 kg + 2550 kg = 11.992 kg.  
Kebutuhan kawat bindrat 10% dari berat besi beton = 1199.2 kg  
Jadi total berat besi balok 30 x 40 lantai dasar, lantai 2 dan lantai 3  
= 11.992 + 1199.2  
= 13.191.2 kg  
= 13.192 kg

### Menghitung berat besi total Balok untuk Lantai atap (276 m)

- Tulangan pokok (atas + bawah) 6 D 19.  
Panjang balok 276 meter,  
Besi beton yang diperlukan  
= 6 bh x 276 meter  
= 1656 m / 12 m = 138  
= 138 batang x 26,67 kg = 3680,46 kg  
= 3681 kg
- Tulangan begel/pembagi d 10–12,5  
Panjang Total 276 meter,  
Jumlah begel perlu:  
= 276/0,125  
= 2208 bh.



Panjang 1 bh besi begel  
 $= \{(8 \times 12,5)\} - \{(4 \times 4) + (4 \times 4)\} + 5 \text{ cm} = 73 \text{ cm}$ .  
 Angka 12,5 cm adalah lebar/panjang, 4 cm selimut beton atas bawah kiri kanan, 5 cm pembengkokan ujung.

Total kebutuhan panjang besi untuk begel  
 $= 2208 \text{ bh} \times 0,73 \text{ m} = 1611,84$   
 $= 1612 \text{ meter} / 12 = 134,33$   
 $= 134,33 \text{ batang} \times 7,4 \text{ kg} = 994,066$   
 $= 995 \text{ kg}$ .

Total kebutuhan besi beton untuk membuat balok sepanjang 276 meter  
 $= 3681 \text{ kg} + 995 \text{ kg} = 4676 \text{ kg}$ .

Kebutuhan kawat bindrat 10% dari berat besi beton  
 $= 467,6 \text{ kg}$

Jadi total berat besi balok 30 x 40 lantai atap  
 $= 4676 + 467,6 = 5144 \text{ kg}$

Maka total berat besi BALOK seluruhnya  
 $= 13192 + 5144 = 18.336 \text{ kg}$

### Menghitung total berat besi KOLOM

Menghitung berat besi total Kolom

1. Tulangan pokok (atas + bawah) 8 D19.

Panjang kolom 805,6 meter,  
 Besi beton perlu 8 bh x 805,6 meter  
 $= 6444,8 \text{ m} / 12 \text{ m} = 537,06$   
 $= 537,06 \text{ btg} \times 26,67 \text{ kg} = 14323,5 \text{ kg}$   
 $= 14324 \text{ kg}$

2. Tulangan begel/pembagi d 10–12,5

Panjang Total 805,6 meter,  
 Jumlah begel perlu  $805,6 / 0,125 = 6444,8 \text{ bh}$ .  
 Panjang 1 bh besi begel  
 $= \{(8 \times 12,5)\} - \{(4 \times 4) + (4 \times 4)\} + 5 \text{ cm} = 73 \text{ cm}$ .

Angka 12,5 cm adalah lebar/panjang, 4 cm selimut beton atas bawah kiri kanan, 5 cm pembengkokan ujung.

Total kebutuhan panjang besi untuk begel  
 $= 6444,8 \text{ bh} \times 0,73 \text{ m} = 4704,70 \text{ m}$   
 $= 4705 \text{ meter} / 12 = 392,08$   
 $= 392,08 \text{ batang} \times 7,4 \text{ kg} = 2901,41 \text{ kg}$   
 $= 2902 \text{ kg}$ .

Total kebutuhan besi beton untuk membuat KOLOM sepanjang 805,6 meter  
 $= 14324 + 2902 = 17226 \text{ kg}$ .

Kebutuhan kawat bindrat 10% dari berat besi beton  
 $= 1722,6 \text{ kg}$

Maka total berat besi KOLOM seluruhnya  
 $= 17226 + 1722,6 = 18947 \text{ kg}$

### Tahap Pengembangan

Tahap Pengembangan, alternatif yang terpilih dari tahap sebelumnya dihitung biayanya, kemudian dibandingkan biasa desain alternatif

dengan desain awal proyek. Adapun biaya desain Value Engineering untuk struktur balok dan kolom dapat dilihat pada tabel berikut ini :

### Analisa Value Engineering untuk KOLOM :

#### 1. Rekapitulasi Total Pekerjaan Bekisting Kolom

Pekerjaan Bekisting KOLOM			
Alternatif VE	VOL (m <sup>2</sup> )	HARGA (Rp)	JUMLAH
LT DASAR kolom 35/35	393.68	355,700	140,031,976
LT 2 kolom 35/35	393.68	355,700	140,031,976
LT 3 kolom 35/35	393.68	355,700	140,031,976
LT atap kolom 35/35	287.28	355,700	102,185,496
	1,468.32	TOTAL	Rp 522,281,424

#### 2. Rekapitulasi Total Pekerjaan Pembesian Kolom

Pekerjaan Pembesian KOLOM			
Alternatif VE	VOL (kg)	HARGA (Rp)	JUMLAH
Besi Polos	4624,6	16,350	75,612,210,00
Besi Ulir	14324	17300	247,805,200,00
	18,948.60	TOTAL	Rp 323,417,410,00

#### 3. Rekapitulasi Total Pekerjaan Pengecoran Kolom

Pekerjaan Pengecoran KOLOM			
Alternatif VE	VOL (m <sup>2</sup> )	HARGA (Rp)	JUMLAH
LT DASAR kolom 35/35	34.45	1,153,200	39,724,280,40
LT 2 kolom 35/35	34.45	1,153,200	39,724,280,40
LT 3 kolom 35/35	34.45	1,153,200	39,724,280,40
LT atap kolom 35/35	25.14	1,153,200	28,987,988,40
	128.48	TOTAL	Rp 148,160,829,60

#### 4. Rekapitulasi Value Engineering untuk Kolom

Rekapitulasi Value Engineering KOLOM	
Alternatif VE	JUMLAH
Bekisting	522,281,424,00
Pembesian	323,417,410,00
Pengecoran	148,160,829,60
TOTAL	Rp 993,859,663,60

#### 5. Rekapitulasi Biaya Awal Kolom

EXISTING	
LT DASAR BALOK 30/50	577,936,152
LT 1 BALOK 30/50	585,293,688
LT 2 BALOK 30/50	587,396,448
LT 3 BALOK 30/50	229,804,776
TOTAL	1,980,431,064

Rencana Awal (Existing)		volume	HARGA	JUMLAH
LT. DASAR	KOLOM 40/40	41.44	6,714,100	278,232,304,00
LT. 1	KOLOM 40/40	41.44	6,813,700	282,359,728,00
LT. 2	KOLOM 40/40	41.44	6,842,150	283,538,696,00
LT. 3	KOLOM 40/40	30.24	6,870,600	207,766,944,00
		154.56	TOTAL	1,051,897,672,00

Total penghematan untuk Kolom adalah :

$= \text{Rp. } 1,051,897,672,00 - 993,859,663,60$   
 $= \text{Rp. } 58,038,008,40$

**Analisa Value Engineering untuk BALOK**

**1. Rekapitulasi Total Pekerjaan Bekisting Balok**

<b>Pekerjaan Bekisting BALOK</b>			
Alternatif VE	VOL (m2)	HARGA (Rp)	JUMLAH
LT DASAR balok 30/40	427.2	385,400	<b>164,642,880</b>
LT 2 balok 30/40	417.6	385,400	<b>160,943,040</b>
LT 3 balok 30/40	417.6	385,400	<b>160,943,040</b>
LT atap balok 30/40	220.8	385,400	<b>85,096,320</b>
	1,483.20	TOTAL	<b>Rp571,625,280</b>

**2. Rekapitulasi Total Pekerjaan Pembesian Balok**

<b>Pekerjaan Pembesian BALOK</b>			
Alternatif VE	VOL (kg)	HARGA (Rp)	JUMLAH
Besi Polos	3545	16,350	57,960,750.00
Besi Ulir	13123	17300	227,027,900.00
	16,668.00	TOTAL	<b>Rp 284,988,650.00</b>

**3. Rekapitulasi Total Pekerjaan Pengecoran Balok**

<b>Pekerjaan Pengecoran BALOK</b>			
Alternatif VE	VOL (m2)	HARGA (Rp)	JUMLAH
LT DASAR balok 30/40	64.08	1,153,200	<b>73,897,056</b>
LT 2 balok 30/40	62.64	1,153,200	<b>72,236,448</b>
LT 3 balok 30/40	62.64	1,153,200	<b>72,236,448</b>
LT atap balok 30/40	33.12	1,153,200	<b>38,193,984</b>
	222.48	TOTAL	<b>Rp256,563,936</b>

**4. Rekapitulasi Value Engineering untuk Balok**

<b>Rekapitulasi Value Engineering BALOK</b>	
Alternatif VE	JUMLAH
Bekisting	571,625,280.00
Pembesian	284,988,650.00
Pengecoran	256,563,936.00
TOTAL	<b>Rp 1,113,177,866.00</b>

**5. Rekapitulasi Biaya Awal BALOK**

Total Penghematan yang terjadi pada pekerjaan Struktur balok 30/40 adalah :

$$= \text{Rp } 1.980.431.064 - \text{Rp } 1,113,177,866$$

$$= \text{Rp. } 867,253,198.00$$

Total Penghematan biaya seluruhnya adalah :

$$= \text{Rp. } 58,038,008.40 + \text{Rp. } 867,253,198.00$$

$$= \text{Rp. } 925,291,206.40$$

Dari jumlah total harga pekerjaan struktur sebesar Rp 9.735.650.501

Maka persentase penghematan adalah 9,5%

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil *Value Engineering* pada Proyek Pembangunan MAKODAM, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Dari alternative yang ada, akibat perubahan material dari beton precast ke bata merah dan bata ringan mengakibatkan terjadinya perubahan pada dimensi kolom yang awalnya berukuran 40x40 dengan jumlah tulangan 12D16 menjadi 35x35 dengan jumlah tulangan 8D19 untuk bata merah dan 35x35 dengan jumlah tulangan 8D19 untuk bata ringan, juga terjadi perubahan pada dimensi balok yang awalnya berukuran 30x50 dengan jumlah tulangan 10D16 menjadi 30x40 dengan jumlah tulangan 9D19 untuk bata merah dan 30x40 dengan jumlah tulangan 6D19 untuk bata ringan. Dari hasil redesain penampang struktur dipilih bata ringan karena untuk masalah pembebanan bata ringan lebih ringan dari bata merah.
2. Dari alternatif pengganti yang ada, maka diperoleh biaya total setelah penghematan adalah sebesar Rp. 959.165.921,40 dari biaya awal sebesar Rp 9.735.650.501,00 dengan itu presentasi biaya penghematan yang didapat sebesar 9,5 %.

**Saran**

Berdasarkan hasil analisa Value Engineering yang telah dilakukan pada Struktur Makodam ada beberapa saran yang diharapkan bisa berguna yaitu :

1. Penerapan Value Engineering sebaiknya dilaksanakan pada awal proyek atau awal perencanaan pembangunan, sehingga dapat memberikan hasil yang lebih optimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan meninjau keseluruhan aspek item-item pekerjaan yang ada dalam proyek agar alternatif-alternatif yang didapat lebih banyak lagi, sehingga memungkinkan mencapai penghematan biaya yang lebih optimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

Asiyanto, 2005. *Penerapan Value Engineering*. Penerbit PT.Elex Media Komputindo, Jakarta.

Berawi. M. A. 2013. *Aplikasi Value Engineering pada Industri Konstruksi Bangunan Gedung*, Penerbit Universitas Indonesia (UI-PRESS), Jakarta.

- Chandra. S, CVS., 2014. *Maximizing Construction Project and Investment Budget Efficiency with Value Engineering*, Penerbit PT.Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Dell'isola, A., 1975. *Value Engineering in The Construction Industry*, Van Reinhold, New York.
- Husen. 2009. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*, Penerbit Erlangga , Jakarta.
- Mahendra, S. S., 2004. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Edisi Revisi, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Marzuki, F.P., 2007. *Rekayasa Nilai: Konsep dan Penerapannya di dalam Industri Konstruksi*, Journal of Construction Engineering and Management, September/Oktobre 2005: 1–14.
- Miles, Lawrence D., 1961. *Technique of Value Engineering and Analysis*. Mc Graw Hill Inc. : New York.
- Rochmanhadi. 1992. *“Dasar Pertimbangan Melakukan Studi Value Enginnering”*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Soeharto M. H. 1995, *Lokakarya Workshop Value Engineering*. Proyek Pengembangan Konsultan Indonesia, Jakarta.
- Iman Satyarno. Purbolaras Nawangalam. R Indra praromo P. 2009, *Belajar Sap2000*, Yogyakarta.