

ANALISIS VALUE ENGINEERING (VE) PADA STRUKTUR BETON (STUDI KASUS : GEDUNG PLANETARIUM PROYEK REVITALISASI PKJ TIM TAHAP II)

Fajar Sri Handayani^{1)*}, Ary Setiawan²⁾, Retno Sunarni³⁾

1),2)Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

3)Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami No. 36A, Kentingan, Surakarta 57126; Telp. (0271) 647069, Fax 634524

Email : fajarhani.uns@gmail.com

Abstract

The renovation/upgrading of the Planetarium Building on Second Phase Revitalization Project of PKJ TIM is inseparable from the project costs. On the other hand, the design of the beam structure of the building is considered to have large dimensions so that efficiency should be taken. In addition, the using of cement as a constituent of concrete material for now can be substituted by additive mixtures that have lower cost than using of cement at all. One method to analyze and optimize of the project costs is Value Engineering (VE) method. Using this method, have done four steps there are information stage, analysis stage, development stage, and recommendation stage. In this case study based on Cost Breakdown Model and Pareto Distribution Law results, the upper structure work took the highest cost of 22.80% of the total project cost. This research is focused on structural work of two types of beams, B49C and B412B I beams. The total cost of these two types of beams work in existing is Rp. 1,409,025,485.45. The cement additive in the existing is fly ash (10%) with f_c 30 MPa. While the alternative cement additives in this study there are 3 types, zeolite (10%) with f_c 34 MPa, silica fume (10%) with f_c 41.4 MPa, and metakaolin (27.5%) with f_c 45 MPa. Based on the results of the Value Engineering (VE) method analysis, it was concluded that the alternative using of metakaolin additives (f_c 45 MPa) with reduction of dimension is the best alternative with the highest cost saving, which is Rp 260,274,995.83 so it saves about 18.47% of the existing beam structure cost.

Keywords: Additive Mixture, Cost Breakdown Model, Pareto Distribution Law, Reduction of Dimension, Value Engineering

Abstrak

Pekerjaan renovasi/upgrading Gedung Planetarium Proyek Revitalisasi Pusat Kesenian Jakarta (PKJ TIM) Tahap II tidak terlepas dari adanya pembiayaan yang ada. Di sisi lain, desain struktur gedung dinilai memiliki dimensi yang besar sehingga dapat dilakukan pengefisienan. Selain itu, penggunaan semen sebagai penyusun material beton saat ini mulai dilakukan penggantian dengan mengaplikasikan bahan aditif yang memiliki perbedaan biaya jika dibandingkan dengan murni penggunaan semen itu sendiri. Salah satu cara untuk melakukan pengoptimalisasian biaya adalah dengan menggunakan metode Value Engineering. Dengan metode ini, dilakukan 4 tahapan berupa tahap informasi, tahap analisis, tahap pengembangan, dan tahap rekomendasi. Berdasarkan Cost Breakdown Model dan Hukum Distribusi Pareto, pekerjaan struktur atas memakan biaya tertinggi sebesar 22,80% dari keseluruhan biaya proyek. Penelitian ini difokuskan pada pekerjaan struktur dua tipe balok saja yaitu balok B49C dan B412B I. Total biaya pekerjaan balok tipe B49C dan B412B I pada kondisi existing adalah Rp 1.409.025.485,45. Bahan aditif semen pada kondisi existing yaitu fly ash (10%) dengan f_c 30 MPa. Sedangkan alternatif bahan aditif semen pada penelitian ini ada 3 jenis yaitu zeolit (10%) dengan f_c 34 MPa, silica fume (10%) dengan f_c 41,4 MPa, dan metakaolin (27,5%) dengan f_c 45 MPa. Berdasarkan hasil analisis Value Engineering (VE) disimpulkan bahwa alternatif penggunaan bahan aditif metakaolin (f_c 45 MPa) dengan reduksi dimensi menjadi alternatif terbaik dengan penghematan biaya paling tinggi sebesar Rp 260.274.995,83 atau sekitar 18,47% dari biaya balok existing.

Kata Kunci: bahan aditif, Cost Breakdown Model, Hukum Distribusi Pareto, reduksi dimensi, value engineering

PENDAHULUAN

Infrastruktur menjadi salah satu sektor penting yang menjadi indikator penentu dari perkembangan dan kemajuan suatu negara. Terlebih saat ini, Pemerintah Indonesia tengah menggalakkan pembangunan di berbagai sektor penunjang lainnya, salah satunya adalah sektor pariwisata. Guna mendukung peningkatan sektor pariwisata, diperlukan adanya pembangunan sarana dan prasana penunjang salah satunya adalah infrastruktur. Salah satu infrastruktur bidang pariwisata yang ada dan dibangun untuk memperkenalkan kebudayaan Indonesia adalah Pusat Kesenian Jakarta Taman Ismail Marzuki (PKJ TIM). PKJ TIM merupakan sebuah pusat kesenian dan kebudayaan yang berlokasi di Jalan Cikini Raya No. 73, Jakarta Pusat yang didirikan pada tahun 1968. Setelah 50 tahun berdiri, PKJ TIM ternyata berangsur-angsur mengalami penurunan kualitas fisik bangunannya. Oleh karena itu, melalui program Kawasan Strategis Daerah yang digagas oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, pada tahun 2019 PKJ TIM mulai dilakukan proses revitalisasi.

Pembangunan infrastruktur terutama pada tahap konstruksi tentu tidak pernah terlepas dari adanya pembiayaan. Biaya menjadi salah satu elemen utama dan penting dalam setiap proyek konstruksi. Dalam setiap pekerjaan konstruksi memiliki cara guna penghematan biaya tanpa mengurangi kualitas pekerjaan yang ada. Pembiayaan pada proyek konstruksi dipengaruhi oleh beberapa aspek seperti metode kerja, alat/bahan/material, jumlah pekerja, dan waktu pelaksanaan proyek (Bari dkk, 2012; Cheng dkk, 2014; Mahamid, 2018). Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengefisienan dan pengefektifan biaya adalah *Value Engineering* (Rad dan Yamini, 2016; Tang dan Bittner, 2014; Ilayaraja dan Eqyaabal, 2015). *Value Engineering* (VE) sebagai suatu metode pendekatan dengan yang bersifat sistematis dan terorganisir sasarannya dalam mengoptimalkan biaya dan/atau kinerja tanpa mengurangi mutu, tetap menjaga lingkungan, serta tetap mengutamakan keselamatan kerja. Selain itu, VE dapat digunakan pula dalam peningkatan kualitas, kinerja, serta *life cycle cost* (Rachwan dkk, 2016; Abdelghany dkk, 2015; Yu dkk 2020)

Pada pembangunan studi kasus ini, pekerjaan struktur atas memakan biaya tertinggi sebesar 22,80% dari keseluruhan biaya proyek. Penelitian ini difokuskan pada pekerjaan struktur balok saja dikarenakan adanya ketidaklengkapan data struktur yang diperoleh dari proyek. Sehingga penelitian tidak bisa dilakukan pada jenis struktur atas lainnya seperti kolom dan pelat. Pertimbangan yang melatarbelakangi penelitian ini adalah desain struktur balok gedung yang dinilai memiliki dimensi yang besar sehingga dapat diefisienkan. Selain itu, penggunaan semen sebagai penyusun material beton saat ini mulai dilakukan penggantian dengan mengaplikasikan bahan aditif yang memiliki perbedaan biaya jika dibandingkan dengan murni penggunaan semen itu sendiri. Dengan pertimbangan tersebut, diharapkan dengan diadakannya penelitian ini akan diperoleh alternatif terbaik bahan aditif semen material penyusun beton dan reduksi (pengurangan) dimensi struktur balok yang efisien dan optimal sehingga didapat penghematan biaya dengan metode *Value Engineering* (VE).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif dengan metode penelitian studi kasus mengenai optimalisasi biaya dengan menggunakan metode *Value Engineering* (VE). Penelitian ini dilakukan pada Proyek Revitalisasi Pusat Kesenian Jakarta Taman Ismail Marzuki (PKJ TIM) Tahap II, Jalan Cikini Raya No. 73, Provinsi DKI Jakarta. Pusat Kesenian Jakarta Taman Ismail Marzuki dibangun dengan luasan lahan sekitar ± 71.824 m² yang terdiri dari berbagai macam bangunan. Namun, penelitian ini hanya akan dilakukan pada salah satu gedung yang ada di PKJ TIM, yaitu Gedung Planetarium.

Tahapan beserta hal-hal yang perlu dilakukan dalam proses penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini dilakukan dengan mencari data primer dan sekunder. Data primer untuk analisis VE ini berupa data teknik proyek yaitu rencana anggaran proyek (RAB), gambar kerja (*shop drawing*), spesifikasi teknis pekerjaan, kurva S, dan *Outline Specification* (OS).

2. Tahap Analisis

Pada tahap analisis ini dilakukan perhitungan struktur bangunan gedung yang ditinjau, yaitu Gedung Planetarium pada Proyek Revitalisasi Pusat Kesenian Jakarta Taman Ismail Marzuki (PKJ TIM) Tahap II. Perhitungan kekuatan struktur bangunan gedung dilakukan dengan bantuan *software* SAP2000 dan *Microsoft Excel*. Dari analisis perhitungan tersebut akan diperoleh variasi data, yang nantinya data tersebut akan dipakai sebagai pedoman dalam upaya optimalisasi biaya.

3. Tahap Pengembangan

Langkah-langkah yang harus dilakukan pada tahap pengembangan, yaitu:

- a. Menciptakan konsep dasar perbandingan antar perhitungan.
- b. Membandingkan konsep dasar yang diciptakan dengan alternatif yang diusulkan.
- c. Membandingkan hasil analisis biaya dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan sebelum dan sesudah diterapkannya alternatif yang diusulkan.

4. Tahap Rekomendasi

Tahap terakhir yaitu berupa penyampaian kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan berisi perbandingan antara sebelum dan sesudah diterapkannya alternatif. Hasil akhir dari penelitian ini berupa laporan akhir yang berupa inovasi ataupun rekomendasi dapat menjadi referensi dalam menciptakan konstruksi gedung yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap Informasi

Cost Breakdown Model dan Hukum Distribusi Pareto

Tabel 1. Hasil *Cost Breakdown Model* seluruh pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Biaya (Rp)	Persentase Biaya (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	Pekerjaan Bongkaran	6.309.900.000,00	6,14	6,14
2	Pekerjaan Pondasi Tiang Bor	4.776.994.600,00	4,65	10,79
3	Pekerjaan Struktur Bawah	2.262.071.960,00	2,20	12,99
4	Pekerjaan Struktur Atas	23.424.404.718,00	22,80	35,79
5	Pekerjaan Penyelesaian Atap	2.083.690.290,00	2,03	37,82
6	Pekerjaan Penyelesaian Tangga	1.097.608.460,00	1,07	38,89
7	Pekerjaan Dinding Luar dan Jendela	7.344.300.800,00	7,15	46,04
8	Pekerjaan Dinding Dalam dan Jendela	1.117.312.700,00	1,09	47,13
9	Pekerjaan Pintu dan Kunci-Kunci	964.500.700,00	0,94	48,06
10	Pekerjaan Penyelesaian Dinding	2.334.575.580,00	2,27	50,34
11	Pekerjaan Penyelesaian Lantai	6.202.616.616,00	6,04	56,37
12	Pekerjaan Penyelesaian Plafon	1.669.319.500,00	1,62	58,00
13	Pekerjaan Aksesoris	887.708.000,00	0,86	58,86
14	Pekerjaan Saniter	1.011.461.900,00	0,98	59,85
15	Pekerjaan Sarana Luar	4.609.385.340,00	4,49	64,33
16	Pekerjaan Plambing	4.061.552.275,69	3,95	68,29
17	Pekerjaan Pemadam Kebakaran	1.433.978.821,63	1,40	69,68
18	Pekerjaan Tata Udara	4.845.617.765,80	4,72	74,40
19	Pekerjaan Elektrikal	7.723.654.931,49	7,52	81,92
20	Pekerjaan Diesel Generator	5.324.464.249,22	5,18	87,10
21	Pekerjaan Elektronik	5.544.775.749,22	5,40	92,50
22	Pekerjaan Transportasi	5.944.195.970,94	5,79	98,28
23	Pekerjaan Penunjang MEP	1.765.803.955,60	1,72	100,00
TOTAL		102.739.894.883,58		

Berdasarkan hasil *Cost Breakdown Model*, didapatkan bahwa pekerjaan struktur atas memiliki bobot persentase biaya tertinggi atau mempunyai potensi terbesar untuk dilakukan analisis VE yaitu sebesar 22,80%. Penelitian ini difokuskan pada pekerjaan struktur balok saja dikarenakan adanya ketidaklengkapan data struktur yang diperoleh dari proyek. Sehingga penelitian tidak bisa dilakukan pada jenis struktur atas lainnya seperti kolom dan pelat. Pada proyek renovasi/*upgrading* Gedung Planetarium ini terdapat 59 tipe balok, akan tetapi penelitian ini hanya akan menganalisis 2 tipe balok yang memiliki jumlah tipe terbanyak tetapi juga memiliki dimensi besar yang perlu untuk dilakukan reduksi sehingga struktur akan tetap aman dan kuat. Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapatkan bahwa tipe balok B49C dan B412B I yang memenuhi kriteria untuk dilakukan alternatif.

2. Tahap Analisis

Analisis Bahan Aditif Semen Penyusun Material Beton

Alternatif bahan aditif semen penyusun material beton pada penelitian ini ada 3 jenis yaitu zeolit, *silica fume*, dan metakaolin dengan kadar dan mutu beton berbeda-beda berdasarkan hasil penelitian-penelitian terdahulu yang menggunakan alternatif serupa (Valipour, 2013; Akcay dan Tasdemir, 2018; Abdi Moghadam dan Izadifard, 2019; Dabbaghi dkk, 2021; Dvorkin dkk, 2022; Puzatova dkk, 2023).

Tabel 2. Data dan hasil *mix design* beton dari bahan aditif semen *existing*

Keterangan	<i>Mix Design/m³</i>					
	Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Bahan Aditif (kg)	Air (lt)	<i>Superplasticizer</i> (kg)
Beton normal (f _c = 30 MPa)	450,00	1.172,50	577,50	-	180,00	4,50
Beton <i>fly ash</i> (f _c = 30 MPa)	405,00	1.172,50	577,50	45,00	180,00	4,50

Tabel 3. Data dan hasil *mix design* beton dari bahan aditif semen alternatif

Keterangan	<i>Mix Design/m³</i>					
	Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Bahan Aditif (kg)	Air (lt)	<i>Superplasticizer</i> (kg)
Beton normal (f _c = 34 MPa)	455,00	702,00	858,00	-	205,00	5,46
Beton zeolit (f _c = 34 MPa)	409,50	702,00	858,00	45,50	205,00	5,46
Beton normal (f _c = 41,4 MPa)	532,00	865,00	592,00	-	208,00	-
Beton <i>silica fume</i> (f _c = 41,4 MPa)	478,80	865,00	592,00	53,20	200,55	6,38
Beton normal (f _c = 45 MPa)	600,00	765,98	921,13	-	162,00	10,20
Beton metakaolin (f _c = 45 MPa)	435,00	754,11	906,85	165,00	162,00	10,20

Analisis Struktur

Pada tahap analisis struktur ini dilakukan perhitungan kembali kekuatan struktur atas berupa struktur balok beton yang dilakukan *redesign* dengan bantuan *software* SAP2000 dan *Microsoft Excel*. Dari analisis ini akan diperoleh variasi data hasil beberapa alternatif yang dilakukan yaitu berupa penggantian bahan aditif semen penyusun material beton dan reduksi dimensi, yang nantinya data tersebut akan dipakai sebagai pedoman dalam upaya optimalisasi biaya.

Tabel 4. Data desain awal (*existing*) struktur balok B49C dan B412B I

Tipe Balok	Bahan Aditif Semen <i>Existing</i>	Dimensi Balok (m)		Tulangan Utama (mm)		Tul. Sengkang (mm)	Tul. Bagi (mm)	Tulangan <i>Shear Connector</i> (mm)	
		b	h	Atas	Bawah			Vertikal	Horizontal
B49C	<i>Fly ash</i>	0,40	0,97	4 D19	3 D19	D10-200	4 D13	1 D10-500	6 D10-500
B412B I	<i>Fly ash</i>	0,40	1,22	4 D22	3 D22	D10-300	4 D13	1 D10-500	6 D10-500

Tabel 5. Data desain alternatif struktur balok B49C dan B412B I

Tipe Balok	Bahan Aditif Semen Alternatif	Dimensi Balok (m)		Tulangan Utama (mm)		Tul. Sengkang (mm)	Tul. Bagi (mm)	Tulangan <i>Shear Connector</i> (mm)	
		b	h	Atas	Bawah			Vertikal	Horizontal
B49C	Zeolit	0,40	0,97	4 D19	3 D19	D10-200	4 D13	1 D10-500	6 D10-500
	<i>Silica fume</i>	0,40	0,72	3 D19	3 D19	D10-200	4 D13	1 D10-500	6 D10-500
	Metakaolin	0,40	0,67	3 D19	3 D19	D10-200	4 D13	1 D10-500	6 D10-500
B412B I	Zeolit	0,40	1,17	4 D22	3 D22	D10-300	6 D13	1 D10-500	6 D10-500
	<i>Silica fume</i>	0,40	0,97	4 D22	3 D22	D10-300	6 D13	1 D10-500	6 D10-500
	Metakaolin	0,40	0,92	4 D22	3 D22	D10-300	6 D13	1 D10-500	6 D10-500

Tabel 6. Rekapitulasi volume pekerjaan balok B49C

Bahan Aditif Semen	b (m)	h (m)	L (m)	Jumlah Balok (bh)	Luas Bekisting (m ²)	Berat Tul. (kg)	Volume Tul. (m ³)	Volume Beton (m ³)	Volume Beton Tanpa Tul. (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10) = (9) - (8)
<i>Fly ash</i> (Existing)	0,40	0,97	6,00	67,00	26,00	12.428,10	1,58	155,98	154,39
Zeolit (Alternatif)	0,40	0,92	6,00	67,00	24,66	12.155,41	1,55	147,94	146,39
<i>Silica fume</i> (Alternatif)	0,40	0,72	6,00	67,00	19,30	10.168,19	1,29	115,78	114,48
Metakaolin (Alternatif)	0,40	0,67	6,00	67,00	17,96	9.895,50	1,26	107,74	106,48

Tabel 7. Rekapitulasi volume pekerjaan balok B412B I

Bahan Aditif Semen	b (m)	h (m)	L (m)	Jumlah Balok (bh)	Luas Bekisting (m ²)	Berat Tul. (kg)	Volume Tul. (m ³)	Volume Beton (m ³)	Volume Beton Tanpa Tul. (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10) = (9) - (8)
<i>Fly ash</i> (Existing)	0,40	1,22	6,00	49,00	23,91	10.662,92	1,36	143,47	142,11
Zeolit (Alternatif)	0,40	1,17	6,00	49,00	22,93	10.493,71	1,34	137,59	136,25
<i>Silica fume</i> (Alternatif)	0,40	0,97	6,00	49,00	19,01	9.816,86	1,25	114,07	112,82
Metakaolin (Alternatif)	0,40	0,92	6,00	49,00	18,03	9.647,64	1,23	108,19	106,96

Tabel 8. Rekapitulasi volume pekerjaan balok B49C dan B412B I

Bahan Aditif Semen	Volume Beton Tanpa Tul. (m ³)	Luas Bekisting (m ²)	Berat Tulangan (kg)
<i>Fly ash</i> (Existing)	296,51	49,91	23.091,02
Zeolit (Alternatif 1)	282,64	47,59	22.649,12
<i>Silica fume</i> (Alternatif 2)	227,30	38,31	19.985,04
Metakaolin (Alternatif 3)	213,44	35,99	19.543,14

Analisis Biaya

Pada analisis biaya ini digunakan data sekunder berupa Jurnal Harga Satuan Bahan Bangunan Konstruksi dan Interior ISSN. 0853-4829 Provinsi DKI Jakarta tahun 2021 dan Harga Satuan Pekerja (HSP) dan Harga Satuan Bahan (HSB) yang termuat dalam Bagian IV : Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Cipta Karya dan Perumahan tahun 2022.

Tabel 9. Rekapitulasi AHSP pekerjaan balok B49C dan B412B I

No	Uraian Pekerjaan	Total Biaya (Rp)
I	PEKERJAAN BETON	
I.1	Beton Proyek $f_c = 30$ MPa Dengan Bahan Aditif <i>Fly Ash</i>	2.990.069,11
I.2	Beton Proyek $f_c = 30$ MPa Tanpa Bahan Aditif <i>Fly Ash</i>	3.124.263,61
I.3	Beton Alternatif $f_c = 34$ MPa Dengan Bahan Aditif Zeolit	3.128.581,11
I.4	Beton $f_c = 34$ Mpa Tanpa Bahan Aditif Zeolit	3.188.641,11
I.5	Beton Alternatif $f_c = 41,4$ MPa Dengan Bahan Aditif <i>Silica Fume</i>	3.816.823,61
I.6	Beton $f_c = 41,4$ MPa Tanpa Bahan Aditif <i>Silica Fume</i>	3.252.221,11
I.7	Beton Alternatif $f_c = 45$ Mpa Dengan Bahan Aditif Metakaolin	3.352.244,66
I.8	Beton $f_c = 45$ MPa Tanpa Bahan Aditif Metakaolin	3.724.659,56
II	PEKERJAAN BEKISTING	
II.1	Pemasangan 1 m ² Bekisting Untuk Balok Beton Bangunan Gedung	1.427.496,14
III	PEKERJAAN PEMBESIAN	
III.1	Pekerjaan Pembesian dengan Besi Polos / Ulir (10 kg)	195.402,74

Tabel 10. Rekapitulasi RAB pekerjaan balok *existing* dan tiap alternatif

Jenis Bahan Aditif Semen	RAB Dengan Bahan Aditif Semen (Rp)	RAB Tanpa Bahan Aditif Semen (Rp)
(1)	(2)	(3)
<i>Existing (Fly ash)</i>	1.409.025.485,45	1.448.815.125,63
Alternatif 1 (Zeolit)	1.394.774.824,69	1.411.750.394,31
Alternatif 2 (<i>Silica fume</i>)	1.312.771.782,45	1.184.436.153,84
Alternatif 3 (Metakaolin)	1.148.750.489,62	1.228.238.317,55

Tabel 11. Analisis perbandingan biaya dengan dan tanpa bahan aditif

Jenis Bahan Aditif Semen	RAB Dengan Bahan Aditif Semen (Rp)	RAB Tanpa Bahan Aditif Semen (Rp)	Selisih RAB (Rp)	Penghematan Biaya (%)
(1)	(2)	(3)	(4) = (3) - (2)	(5) = (4) / (3) x 100
<i>Existing (Fly ash)</i>	1.409.025.485,45	1.448.815.125,63	39.789.640,18 (lebih murah dengan <i>fly ash</i>)	2,75
Alternatif 1 (Zeolit)	1.394.774.824,69	1.411.750.394,31	16.963.014,68 (lebih murah dengan zeolit)	1,20
Alternatif 2 (<i>Silica fume</i>)	1.312.771.782,45	1.184.436.153,84	(128.335.628,60) (lebih murah tanpa <i>silica fume</i>)	(10,84)
Alternatif 3 (Metakaolin)	1.148.750.489,62	1.228.238.317,55	79.487.827,93 (lebih murah dengan metakaolin)	6,47

Berdasarkan Tabel 11, menunjukkan bahwa alternatif 3 yaitu penggunaan bahan aditif semen jenis metakaolin dengan reduksi dimensi menjadi alternatif yang terpilih dan terbaik berdasarkan metode *Value Engineering* (VE) karena memiliki selisih biaya yang paling tertinggi sebesar Rp 79.487.827,93 serta memiliki penghematan terbesar senilai 6,47% terhadap biaya tanpa bahan aditif semen.

Alternatif tanpa bahan aditif *silica fume* tidak dipilih meskipun memiliki nilai RAB paling kecil dikarenakan pada penelitian ini dilakukan 2 cara untuk menyetarakan antar alternatif yang ada, yaitu berupa:

1. Pada mutu beton yang sama, dibuat perbandingan yang setara antara dengan dan tanpa bahan aditif. Hal ini dilakukan untuk melakukan *cross check* apakah alternatif valid atau tidak.
2. Dilakukan reduksi atau pengurangan dimensi untuk menyetarakan kekuatan beton antar mutu beton kondisi *existing* dan setiap alternatif yang ada.

Dari kedua pertimbangan di atas, alternatif tanpa bahan aditif *silica fume* bukan alternatif yang terbaik dikarenakan tidak memenuhi syarat pertama, dimana didapatkan bahwa alternatif tersebut tidak valid sehingga penggunaan bahan aditif *silica fume* lebih mahal jika dibandingkan dengan tanpa bahan aditif *silica fume*. Tentu hal ini berbeda dengan hasil analisis pada alternatif yang lain, seperti pada *fly ash*, zeolit, dan metakaolin.

3. Tahap Pengembangan

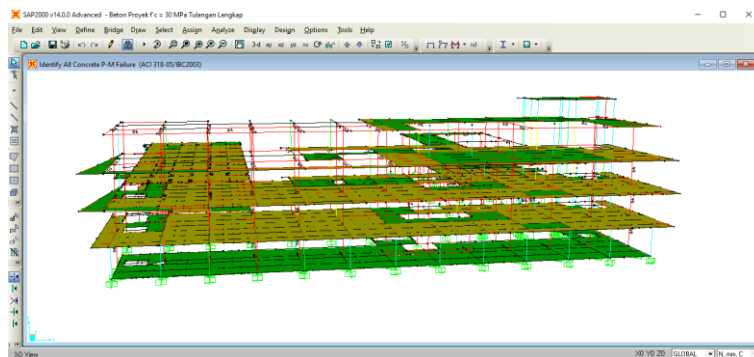
Tabel 12. Penghematan biaya alternatif terpilih berdasarkan metode VE

Uraian Pekerjaan	Alternatif Terpilih	Biaya Balok		Selisih Biaya (Rp)	Penghematan Biaya (%)
		Biaya Balok Existing (Rp)	Alternatif Terpilih (Rp)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (3) – (4)	(6) = (5) / (3) x 100
Pekerjaan Balok Tipe B49C dan B412B I	Alternatif 3 (Penggunaan Bahan Aditif Metakaolin)	1.409.025.485,45	1.148.750.489,62	260.274.995,83	18,47

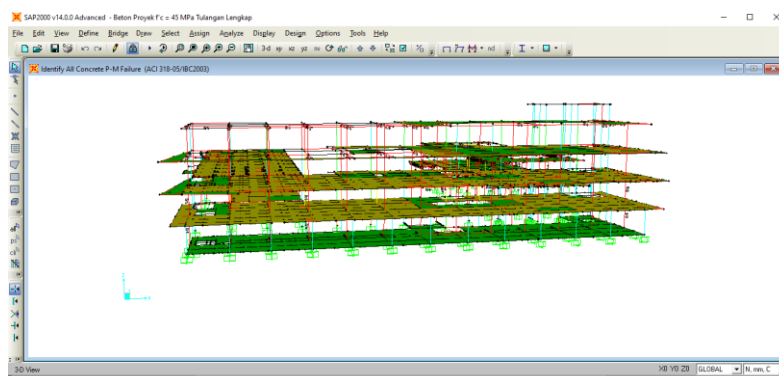
4. Tahap Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Value Engineering* (VE), didapatkan bahwa alternatif 3 yaitu penggunaan bahan aditif metakaolin (f_c 45 MPa) dengan reduksi dimensi menjadi alternatif terbaik dengan penghematan biaya paling tinggi sebesar Rp 260.274.995,83 atau sekitar 18,47% dari biaya balok *existing*.

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 merupakan hasil analisis *output* menggunakan *software* SAP2000 dari kondisi *existing* dan kondisi dengan pengimplementasian alternatif yang terpilih pada struktur Gedung Planetarium yang menunjukkan bahwa struktur masih dalam kategori aman.



Gambar 1. Hasil analisis *output software* SAP2000 dari kondisi struktur *existing*



Gambar 2. Hasil analisis *output software* SAP2000 dari kondisi struktur dengan pengimplementasian alternatif terpilih

SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan baik berdasarkan metode *Value Engineering* (VE) pada pekerjaan struktur atas balok beton renovasi/*upgrading* Gedung Planetarium Proyek Revitalisasi Pusat Kesenian Jakarta Taman Ismail Marzuki (PKJ TIM) Tahap II, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut ini.

1. Berdasarkan *cost breakdown model* dan grafik serta diagram Hukum Distribusi Pareto didapatkan bahwa pekerjaan struktur atas memiliki bobot prosentase biaya tertinggi yang layak untuk dilakukan analisis VE. Pekerjaan struktur atas ini dibatasi pada pekerjaan struktur balok yang terdiri dari dua tipe berbeda yang ditinjau yaitu balok tipe B49C dan B412B I.
2. Total biaya pekerjaan balok tipe B49C dan B412B I pada kondisi *existing* adalah Rp 1.409.025.485,45.
3. Alternatif yang diusulkan berupa penggantian bahan aditif semen dari *fly ash* menjadi zeolit, *silica fume*, dan metakaolin dengan mutu beton dan kadar yang berbeda-beda serta melakukan alternatif lain berupa reduksi dimensi.
4. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Value Engineering* (VE), didapatkan bahwa alternatif 3 yaitu penggunaan bahan aditif metakaolin (f_c 45 MPa) dengan reduksi dimensi menjadi alternatif terbaik dengan penghematan biaya paling tinggi sebesar Rp 260.274.995,83 atau sekitar 18,47% dari biaya balok *existing*.

REKOMENDASI

Setelah dilakukannya analisis dan perhitungan secara menyeluruh, hak-hal berikut ini yang sebaiknya dilakukan dalam melakukan analisis *Value Engineering* (VE), terutama pada pekerjaan atau proyek dengan kriteria serupa, antara lain sebagai berikut.

1. Pengaplikasian analisis dengan metode VE dapat dilakukan pula pada pekerjaan lain selain struktur, seperti arsitektur dan MEP (mekanikal, elektrikal, *plumbing*) yang memiliki bobot persentase biaya yang tinggi pula.
2. Dalam mendapatkan penghematan biaya yang lebih optimal, analisis VE dapat dilakukan lebih awal terutama sejak tahap desain.
3. Pemilihan alternatif bahan aditif semen penyusun material beton sebaiknya didasarkan pada mutu beton dan komposisi bahan penyusun yang seimbang sehingga dapat diperoleh perbandingan yang valid.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, dosen pembimbing, dan anggota satu tim lainnya yang senantiasa mendoakan, memberikan semangat, bantuan, arahan dan bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

REFERENSI

- Abdelghany, M., Rachwan, R., Abotaleb, I. and Albughdadi, A., 2015, May. Value engineering applications to improve value in residential projects. In Proceedings of the Annual Conference—Canadian Society for Civil Engineering, Regina, SK, Canada (pp. 27-30).
- Abdi Moghadam, M. and Izadifard, R.A., 2019. Experimental investigation on the effect of silica fume and zeolite on mechanical and durability properties of concrete at high temperatures. *SN Applied Sciences*, 1, pp.1-11.
- Akcaay, B. and Tasdemir, M.A., 2018. Performance evaluation of silica fume and metakaolin with identical finenesses in self compacting and fiber reinforced concretes. *Construction and Building Materials*, 185, pp.436-444.
- Bari, N., Yusuff, R., Ismail, N., Jaapar, A., & Ahmad, R., 2012. Factors influencing the construction cost of Industrialised Building System (IBS) projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 35, pp. 689-696. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2012.02.138>.
- Cheng, Y., 2014. An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management*, 32, pp. 850-860. <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2013.10.003>.
- Dabbaghi, F., Sadeghi-Nik, A., Libre, N.A. and Nasrollahpour, S., 2021, December. Characterizing fiber reinforced concrete incorporating zeolite and metakaolin as natural pozzolans. In *Structures* (Vol. 34, pp. 2617-2627). Elsevier.
- Dvorkin, L.I., Zhitkovsky, V., Lushnikova, N. and Sonebi, M., 2022. Comparative Study of Metakaolin and Zeolite Tuff Influence on Properties of High-Strength Concrete. *Construction Technologies and Architecture*, 1, pp.179-185.

- Ilayaraja, K. and Eqyaabal, Z., 2015. Value engineering in construction. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(32), pp.1-8.
- Mahamid, I., 2018. Critical determinants of public construction tendering costs. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*, 7(1), pp.34-42.
- Puzatova, A., Kogai, A. and Dmitrieva, M., 2023. Influence of mineral additives on the rheological and strength properties of fine-grained concrete. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 410, p. 01005). EDP Sciences.
- Rad, K.M. and Yamini, O.A., 2016. The methodology of using value engineering in construction projects management. *Civil Engineering Journal*, 2(6), p.262.
- Rachwan, R., Abotaleb, I. and Elgazouli, M., 2016. The influence of value engineering and sustainability considerations on the project value. *Procedia Environmental Sciences*, 34, pp.431-438.
- Tang, P. and Bittner, R.B., 2014. Use of value engineering to develop creative design solutions for marine construction projects. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 19(1), pp.129-136.
- Valipour, M., Pargar, F., Shekarchi, M. and Khani, S., 2013. Comparing a natural pozzolan, zeolite, to metakaolin and silica fume in terms of their effect on the durability characteristics of concrete: A laboratory study. *Construction and Building Materials*, 41, pp.879-888.
- Yu, M., Robati, M., Oldfield, P., Wiedmann, T., Crawford, R., Nezhad, A.A. and Carmichael, D., 2020. The impact of value engineering on embodied greenhouse gas emissions in the built environment: A hybrid life cycle assessment. *Building and Environment*, 168, p.106452.