

PENERAPAN REKAYASA NILAI (*VALUE ENGINEERING*) UNTUK EFISIENSI BIAYA PADA PROYEK KONSTRUKSI STUDI KASUS: PEMBANGUNAN PARKIR BERTINGKAT UNAIR KAMPUS B SURABAYA)

Indah Ayu Lestari

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

indahlestari4@mhs.unesa.ac.id

Mas Suryanto HS

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

massuryantohs@unesa.ac.id

Abstrak

Keterbatasan sumber daya dalam pembangunan proyek konstruksi mengakibatkan setiap produk yang dihasilkan atau jasa yang ditawarkan memiliki standar yang baik dengan waktu produksi yang singkat serta biaya produksi yang lebih rendah. Hal tersebut dapat didukung dengan penerapan metode rekayasa nilai sebagai upaya untuk menghemat biaya, namun harus disesuaikan dengan fungsi yang telah ditetapkan pada tahap perencanaan. Penelitian ini dilaksanakan bertujuan untuk mengetahui item pekerjaan struktur yang berpotensi untuk dilakukan rekayasa nilai, mengetahui alternatif desain yang diperoleh, dan mengetahui besar potensi penghematan biaya yang diperoleh. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan melakukan analisa biaya dengan cara studi rekayasa nilai pada pembangunan Parkir Bertingkat Unair Kampus B Surabaya. Metode atau rencana kerja rekayasa nilai yang diterapkan pada penelitian ini mengacu pada *SAVE Standard* (2007) yang meliputi tahap informasi, tahap analisa fungsi, tahap kreativitas, tahap evaluasi, tahap pengembangan, dan tahap presentasi. Hasil dari proses rekayasa nilai didapatkan alternatif yaitu pada pekerjaan pelat atap tebal menjadi 8 cm. Pekerjaan pelat lantai 1-10 tebal pelat menjadi 12 cm. Pekerjaan balok anak dan balok induk dimensi kolom dan tulangan lentur diperkecil, tulangan torsi sama dan mutu beton tetap sama. Pekerjaan kolom tipe 1-4 dimensi kolom dan tulangan lentur diperkecil, tulangan sengkang pada kolom tipe 1-3 sama tipe 4 diperkecil, dan mutu beton tetap sama. Pekerjaan pondasi dimensi dan mutu beton tetap sama sesuai existing, perbedaan terletak pada panjangnya tiang pancang alternatif yang lebih pendek daripada existing dikarenakan kedalaman pancang yang lebih dangkal. Penghematan biaya hasil rekayasa nilai yang didapat dari seluruh item pekerjaan struktural, yaitu sejumlah Rp 14.514.456.000 atau penghematan sebesar 18,24% dari perencanaan *existing*.

Kata Kunci: rekayasa nilai, *value engineering*, analisa fungsi, penghematan biaya.

Abstract

*Limited resources in the construction of construction projects have resulted in every product or service offered having a good standard with a short production time and lower production costs. This can be supported by the application of value engineering methods as an effort to save costs, but must be adjusted to the functions that have been determined at the planning stage. This research was conducted aiming to determine the structural work items that have the potential for value engineering, to find out the design alternatives obtained, and to determine the potential savings obtained. This study uses a quantitative research method by conducting a cost analysis by means of a value engineering study in the development of Multi-storey Parking Unair Campus B Surabaya. The method or value engineering work plan applied in this article refers to the *SAVE Standard* (2007) which includes the information stage, function analysis stage, creativity stage, evaluation stage, development stage, and presentation stage. The results of the value engineering process obtained an alternative, namely the work of the roof slab, the thickness of the plate being 8cm. Work floor slabs 1-10 slab thickness to 12 cm. The work of the sub-beams and main beams, the dimensions of the columns and the flexural reinforcement are reduced, the torsional reinforcement is the same and the quality of the concrete remains the same. Column work for type 1-4 column dimensions and flexural reinforcement is reduced, stirrup reinforcement for type 1-3 and type 4 columns is reduced, and the quality of the concrete remains the same. The dimension and quality of the concrete foundation work remains the same as the existing one, the difference lies in the length of the alternative pile which is shorter than the existing one due to the shallower depth of the pile. Cost savings from value engineering obtained from all structural work items, amounting to Rp. 14,514.456.000 or savings of 18.24% from existing planning.*

Keywords: *value engineering, function analysis, cost saving.*

PENDAHULUAN

Dewasa ini terjadi kemajuan dan perkembangan yang cukup signifikan di dalam sektor perekonomian. Permintaan pembangunan untuk menunjang pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi tersebut menimbulkan serangkaian “permasalahan” terutama dalam bidang konstruksi. Permasalahan yang dihadapi dalam sektor konstruksi ialah terbatasnya waktu yang disediakan dalam mengerjakan proyek, minimnya bahan dan alat, keterbatasan sumber daya manusia yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek, dan terbatasnya ruang kerja yang tersedia dalam merealisasikan proyek (Asnuddin, 2008). Seiring dengan hal tersebut, tumbuh pula tuntutan dunia usaha untuk mampu menghadapi tantangannya yaitu memastikan tiap-tiap produknya atau jasa yang ditawarkan dalam kondisi baik, sesuai dengan standar yang ditetapkan, akan tetapi waktu dan biaya yang harus dialokasikan seminimal mungkin (Maulida dan Yunani, 2017).

Salah satu metode alternatif untuk menangani permasalahan tersebut terutama dalam mengupayakan dalam menghemat biaya yang harus dilakukan yaitu dengan mengadopsi Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) ketika merencanakan sebuah proyek di bidang konstruksi (Armayanda dan Pasaribu, 2017). Perkembangan rekayasa nilai di Indonesia pada awalnya dilakukan oleh Dr. Ir. Suriah Chandra melalui proyek jembatan layang (*fly over*) Cawang – Jakarta pada tahun 1985 (Rumintang, 2008). Penerapan rekayasa nilai ini juga diterapkan ke sejumlah proyek jalan seperti Proyek Tomang Fly Over, Proyek Jakarta Interchange, Proyek Jalan Tol Padalarang – Cileunyi (Bandung) (Amran, dkk. 2019), dan sebagainya.

Alternatif metode ini diadopsi ke dalam sejumlah proyek konstruksi dikarenakan metode ini memiliki sejumlah keuntungan untuk menghemat biaya yang harus dialokasikan yaitu dengan menerapkan pendekatan dengan cara melakukan penganalisisan terhadap fungsi dari proyek tanpa mengurangi atau mengesampingkan kualitas dan reabilitas yang telah ditetapkan. Mengidentifikasi item yang berpotensi rendah nilai dan berbiaya tinggi adalah seni dalam pendekatan rekayasa nilai (*value engineering*) dan menjadi langkah awal sebelum penerapan rekayasa nilai.

Pembangunan Gedung Parkir Bertingkat Unair Kampus B dibangun di atas lahan seluas $\pm 4.000 \text{ m}^2$ dengan total keseluruhan luas bangunan $\pm 39.150 \text{ m}^2$ terdiri dari 10 lantai yang berlokasi di Jalan Airlangga 4-6 Surabaya menghabiskan dana sebesar Rp138,460,059,000. Biaya yang harus dialokasikan ke dalam proyek ini cukup besar, untuk menghindari penghamburan dana untuk kepentingan yang tidak diperlukan maka harus diperhatikan nilai keefektifan dan pengoptimalan proyek ini. Dengan mengadopsi metode Rekayasa Nilai (*Value*

Engineering), maka fungsi yang terkandung di dalam proyek tidaklah dihilangkan akan tetapi biaya yang harus dialokasikan dapat lebih dioptimalkan.

Berdasarkan Permen PUPR No.22/PRT/M/2018 yang mengatur tentang rekayasa nilai yaitu untuk pekerjaan pembangunan dengan luas bangunan di atas 12.000 m^2 atau di atas 8 lantai dapat dilakukan rekayasa nilai. Proyek konstruksi Gedung Parkir Bertingkat Unair Kampus B memenuhi persyaratan untuk dilakukan rekayasa nilai karena bangunan ini memiliki luas $\pm 39.150 \text{ m}^2$ atau memiliki 10 lantai. Proyek konstruksi Gedung Parkir Bertingkat Unair Kampus B dapat dilakukan rekayasa nilai, untuk mengupayakan hasil konstruksi lebih bernilai (*value*) akan tetapi dilaksanakan dengan menekan angka pemborosan (*waste*) tanpa mengurangi kualitas bangunan tersebut. Diharapkan dengan adanya penerapan rekayasa nilai dapat memberikan keuntungan berupa *cost saving*/penghematan biaya dengan mempertahankan fungsi dan nilai perencanaan.

Berdasarkan uraian permasalahan yang melatarbelakangi proyek pembangunan Gedung Parkir Bertingkat Unair Kampus B, maka dapat dirumuskan, yaitu: (1) apa saja item pekerjaan struktur yang berpotensi untuk dilakukan penghematan biaya dengan menerapkan metode rekayasa nilai dalam proyek pembangunan Parkir Bertingkat Unair Kampus B? (2) bagaimana alternatif yang diperoleh dari proses rekayasa nilai pada proyek pembangunan Parkir Bertingkat Unair Kampus B? (3) seberapa besar potensi dalam menghemat biaya pada proyek pembangunan Parkir Bertingkat Unair Kampus B dengan menerapkan rekayasa nilai?

Penelitian ini dilaksanakan bertujuan untuk: (1) memperoleh item pekerjaan struktur yang berpotensi untuk diterapkan rekayasa nilai; (2) mengetahui alternatif yang dapat diperoleh dari metode rekayasa nilai; (3) memperoleh informasi mengenai besar potensi penghematan biaya yang diperoleh berdasarkan penerapan rekayasa nilai.

Manfaat yang didapatkan dari dilaksanakannya penelitian ini diantaranya: (1) bagi mahasiswa, penelitian dapat memberikan ilmu dan pengetahuan kepada mahasiswa tentang penerapan rekayasa nilai pada bidang konstruksi khususnya pada bangunan parkir bertingkat; (2) bagi Akademisi, dapat memberikan referensi penelitian dan pengembangan penerapan ilmu rekayasa nilai oleh para akademisi; (3) bagi Praktisi, dapat memberikan informasi dan referensi kepada praktisi tentang penerapan rekayasa nilai pada bidang konstruksi dan merekomendasikan alternatif yang dapat dipilih untuk meningkatkan efisiensi dalam mengerjakan sebuah proyek yang sejenis dengan proyek yang sedang peneliti teliti.

Lingkup pembahasan dan batasan masalah dalam penelitian ini antara lain: (1) rekayasa nilai yang diterapkan ke dalam pekerjaan struktural yaitu pada pembangunan parkir bertingkat Unair kampus B; (2) rekayasa nilai diterapkan dalam melaksanakan tahapan perencanaan pembangunan parkir bertingkat Unair kampus B; (3) biaya yang harus dianggarkan dan harga satuan didapatkan berdasarkan data Rencana Anggaran Biaya yang ada dari konsultan Manajemen Konstruksi (MK) proyek parkir bertingkat Unair kampus B; (4) peraturan untuk beton struktural bangunan gedung menggunakan SNI 2837:2013, peraturan untuk ketahanan gempa struktur bangunan gedung menggunakan SNI 1726:2012, dan peraturan untuk perencanaan pembebanan bangunan gedung menggunakan SNI 1727:2013.

Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) menurut *Society of American Value Engineers* ialah upaya yang dilakukan dengan terorganisasi secara sistematis dan menerapkan sebuah teknik, yaitu teknik dalam mengidentifikasi fungsi dari sebuah produk atau jasa dengan tujuan yaitu menekan biaya yang harus dikeluarkan (bernilai ekonomis) untuk sebuah produk atau jasa yang berkualitas, (Iman Soeharto, 2001:249). Sehingga dapat dikatakan bahwa Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) bertujuan untuk memberikan sebuah hasil yang optimal serta sepadan dengan biaya yang harus dikeluarkan yaitu dilakukan dengan menerapkan teknik yang lebih sistematis dalam membuat analisis dan mengendalikan total biaya produk (Labombang, 2007). Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) akan menseleksi pengalokasian dana secara lebih efektif dan memberikan beberapa alternatif yang dapat ditempuh sehingga biaya yang harus teralokasi menjadi lebih rendah.

Secara umum Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) dijabarkan menjadi sebuah upaya yang diterapkan secara lebih sistematis dan terorganisir dalam menganalisis fungsi sebuah sistem, produk, ataupun jasa yang tujuannya ialah memperoleh fungsi yang lebih esensial terhadap *life cycle cost* yang terendah dan konsisten terhadap kinerja, keandalan, kualitas, dan keamanan yang telah ditetapkan.

Konsep nilai berhubungan dengan fungsi dan sumberdaya (Berawi, 2014). Hubungan ini digambarkan sebagai berikut:

$$\text{Nilai (value)} \approx \frac{\text{Fungsi}}{\text{Sumber Daya}} \quad (1)$$

Dengan fungsi diukur oleh kinerja yang dipersyaratkan oleh pelanggan. Sedangkan sumber daya diukur dalam jumlah material, tenaga kerja, harga, waktu, dan lain-lain yang diperlukan untuk menyelesaikan fungsi tersebut.

Konsep utama metodologi VE terletak pada nilai (*value*) dengan hubungan antara fungsi dan biaya sebagai berikut (Kelly, dkk. 2004):

$$\text{Nilai (value)} \approx \frac{\text{Fungsi (Fuction)}}{\text{Biaya (Cost)}} \quad (2)$$

Alternatif hubungan nilai dengan fungsi dan biaya adalah sebagai berikut:

$\text{Value (V)} = \frac{\rightarrow}{\downarrow}$: biaya turun, namun fungsi dan kualitas dipertahankan.

$\text{Value (V)} = \frac{\uparrow}{\rightarrow}$: meningkatkan fungsi atau kualitas atau keduanya dengan tetap mempertahankan biaya.

$\text{Value (V)} = \frac{\uparrow}{\downarrow}$: meningkatkan fungsi dan kualitas serta mereduksi biaya.

$\text{Value (V)} = \frac{\uparrow}{\uparrow}$: menaikkan fungsi dan kualitas dengan meningkatkan biaya.

Menurut Kelly nilai didefinisikan sebagai sebuah hubungan antara biaya, waktu dan mutu dimana mutu terdiri dari sejumlah variabel yang ditentukan dari pengetahuan dan pengalaman seorang individu atau beberapa individu di dalam sebuah kelompok, yang dibuat eksplisit dengan maksud membuat pilihan di antara berbagai pilihan yang cocok secara fungsi. Oleh karena itu, system nilai yang dibuat eksplisit merupakan gambaran pada waktu tertentu dari berbagai variabel terhadap semua keputusan yang mempengaruhi bisnis inti atau sebuah proyek, sehingga dapat diaudit (Berawi, 2014).

Fungsi merupakan elemen utama dalam VE karena tujuan VE adalah untuk mendapatkan fungsi-fungsi yang dibutuhkan dari suatu item dengan total biaya yang efisien. Pemahaman akan arti dari fungsi amat penting karena fungsi akan menjadi objek utama dalam hubungannya dengan biaya. Fungsi dapat dibagi menjadi 2 kategori, yang pertama, fungsi dasar (*basic function*) yaitu suatu alasan pokok system itu terwujud, suatu dasar arau alasan dari keberadaan suatu produk dan memiliki nilai kegunaan, yang kedua, fungsi pendukung (*secondary function*) yaitu kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya (Berawi, 2014:18).

Biaya merupakan jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan produksi. Pentingnya analisis biaya bertambah karena rekayasa nilai bertujuan untuk mengetahui hubungan fungsi uang sesungguhnya terhadap biaya yang diperlukan dan memberikan cara pengambilan keputusan

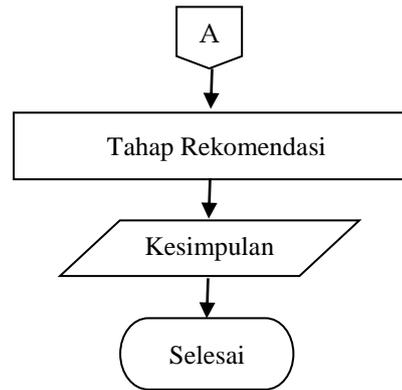
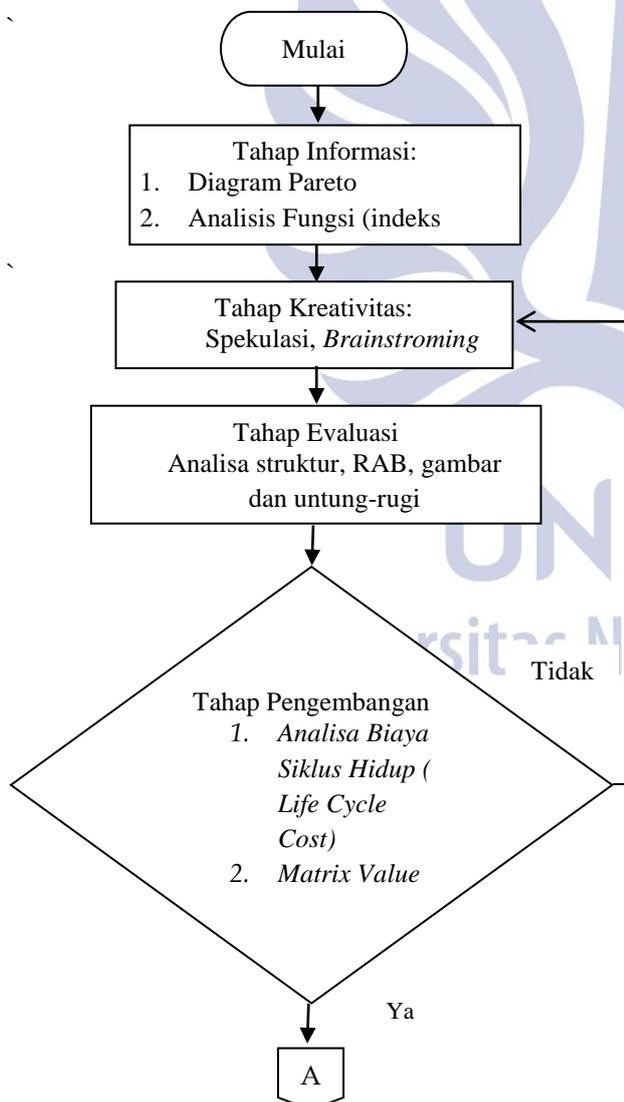
mengenai usaha-usaha yang diperlukan selanjutnya (Imam Seharto, 2001:249).

METODE

Jenis Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan melakukan analisis terhadap biaya dengan cara studi rekayasa nilai yang akan dilakukan pada pembangunan Parkir Bertingkat Unair Kampus B, Surabaya sehingga dapat diperoleh hasil penghematan biaya proyek namun fungsi dan kualitas tetap dipertahankan atau bahkan lebih baik.

Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan Parkir Bertingkat Unair Kampus B Surabaya dengan Konsultan Perencana PT. Yodyakarya dan Manajemen Konstruksi PT. Bina Karya. Bangunan Gedung yang terletak di Jalan Airlangga No.4-6, Gubeng, Surabaya.

Proses penelitian dibagi menjadi 5 tahap, yaitu tahap informasi, tahap kreativitas, tahap evaluasi, tahap pengembangan, dan tahap rekomendasi. *Flowchart* analisis data penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Analisis Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai salah satu universitas negeri yang ada di Surabaya, Universitas Airlangga mempunyai banyak mahasiswa. Sedangkan kampus B Universitas Airlangga tidak memiliki lahan parkir yang cukup luas. Semakin banyak pengguna motor dan mobil dikalangan kampus, yang tidak diimbangi dengan sarana tempat parkir. Tentu ini menjadi salah satu masalah yang sangat kompleks karenanya menyangkut banyak pihak baik mahasiswa, dosen maupun staf. Melihat fenomena tersebut Universitas Airlangga merencanakan tempat parkir dengan lahan yang tidak begitu luas namun bisa menampung banyak kendaraan bermotor. Perencanaan bangunan bertingkat menjadi satu satunya solusi karena berkaitan dengan lahan yang sempit, yaitu dengan perencanaan pembangunan gedung parkir bertingkat Universitas Airlangga.

Proyek Pembangunan Parkir Bertingkat Kampus B Universitas Airlangga Lokasi berada dalam wilayah kampus B Jalan Airlangga 4-6 Surabaya, tepatnya dibelakang Bangunan Syariah Tower. Proyek ini dirancang dan dibangun oleh berbagai instansi terkait, diantaranya adalah Universitas Airlangga sebagai pemilik proyek, PT. Yodya Karya (Persero) sebagai konsultan perencana, PT. Sasmito sebagai kontraktor utama dan owner menunjuk langsung PT. Bina Karya (Persero) sebagai tim manajemen konstruksi. Nilai seluruh pekerjaan struktur dari proyek ini sebesar Rp 88,370,632,537.76.

Tahap Informasi

a. Diagram Pareto

Tahap informasi aktivitas dilakukan dengan menggali sebanyak mungkin informasi mengenai data dan dokumen utama meliputi desain gambar latar belakang, kendala, data struktur dan proyeksi biaya proyek. Metode Pareto merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menemukan suatu masalah utama akibat timbulnya permasalahan berdasarkan

berbagai gejala (Aulia, 2016). Dalam proyek pembangunan Gedung Parkir Unair Kampus B ini terdapat 7 item pekerjaan pada pekerjaan struktur. Masing-masing item pekerjaan beserta biayanya diuraikan pada rekapitulasi Tabel 1.

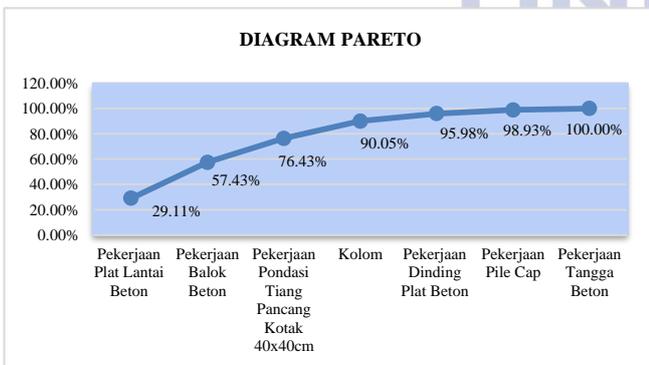
Tabel 1. Biaya Rekapitulasi Pekerjaan Struktural

NO.	ITEM PEKERJAAN	SUB JUMLAH
I	PEKERJAAN STRUKTUR	
1	Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Kotak 40x40cm	Rp 16,792,012,928.00
2	Pekerjaan Pile Cap	Rp 2,606,069,875.63
3	Kolom	Rp 12,035,964,213.17
4	Pekerjaan Balok Beton	Rp 25,022,470,646.18
5	Pekerjaan Plat Lantai Beton	Rp 25,724,655,457.01
6	Pekerjaan Dinding Plat Beton	Rp 5,243,900,261.86
7	Pekerjaan Tangga Beton	Rp 945,559,155.91
SUB TOTAL		Rp 88,370,632,537.76

Untuk mengetahui item pekerjaan apa saja dari pekerjaan struktural Gedung Parkir Unair Kampus B yang berpotensi untuk dilakukan studi rekayasa nilai, maka analisis dilakukan dengan menggunakan Diagram Pareto yang diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Item Pekerjaan Berbiaya Tinggi

No	Item Pekerjaan	Jumlah	Bobot	Kumulatif Bobot
1	Pekerjaan Plat Lantai Beton	Rp 25,724,655,457.01	29.11%	29.11%
2	Pekerjaan Balok Beton	Rp 25,022,470,646.18	28.32%	57.43%
3	Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Kotak 40x40cm	Rp 16,792,012,928.00	19.00%	76.43%
4	Kolom	Rp 12,035,964,213.17	13.62%	90.05%
5	Pekerjaan Dinding Plat Beton	Rp 5,243,900,261.86	5.93%	95.98%
6	Pekerjaan Pile Cap	Rp 2,606,069,875.63	2.95%	98.93%
7	Pekerjaan Tangga Beton	Rp 945,559,155.91	1.07%	100.00%
Sub Total		Rp 88,370,632,537.76		



Gambar 2. Grafik Diagram Pareto Pekerjaan Struktural

Dari grafik Diagram Pareto di atas maka item pekerjaan yang dipilih untuk dilakukan analisa fungsi adalah pekerjaan plat lantai beton, pekerjaan balok beton,

pekerjaan pondasi tiang pancang kotak 40x40cm, dan kolom.

b. Cost to Worth

Tabel analisis fungsi di atas memberikan informasi tentang pendefinisian fungsi item pekerjaan yang dipilih dari analisis diagram Pareto. *Cost/worth* dari semua item pekerjaan tersebut = 1,00 < 2,00, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terkait rekayasa nilai.

Tabel 3. Analisis Fungsi Item Pekerjaan

Item Pekerjaan	Fungsi			Cost (Rp)	Worth (Rp)
	Verb	Noun	Kind		
Plat Lantai Beton	Mendis-tribusi	Bangunan	B	Rp 25,724,655,457.01	Rp 25,724,655,457.01
Balok Beton	Mendis-tribusi	Kolom	B	Rp 25,022,470,646.18	Rp 25,022,470,646.18
T. Pancang	Meno-pang	Bangunan	B	Rp 16,792,012,928.00	Rp 16,792,012,928.00
Kolom	Menyan-gga	Bangunan	B	Rp 12,035,964,213.17	Rp 12,035,964,213.17
Sub Total				Rp 79,575,103,244.36	Rp 79,575,103,244.36
Cost/Worth				1	

Tahap Kreativitas (Tahap Kajian Teknis)

Tahap kreatifitas didapat dengan cara melakukan *brainstorming* pada item pekerjaan yang akan dilakukan rekayasa nilai yang akan menghasilkan ide kreatif. Berikut alternatif-alternatif yang akan diterapkan pada pekerjaan plat lantai, balok, pondasi tiang pancang kotak 40x40cm, dan kolom.

Tabel 4. Alternatif Item Pekerjaan Struktural

Pelat Atap	Ide Alternatif	Mu/εMn	Keterangan
Existing	Tebal 12 Cm, Tulangan arah-x dan arah-y = ρ10-150, Mutu Beton K-300	0,34	Aman
Alternatif 1	Tebal 10 Cm, Tulangan arah-x dan arah-y = ρ10-150, Mutu Beton K-300	0,43	Aman
Alternatif 2	Tebal 8 Cm, Tulangan arah-x dan arah-y = ρ10-150, Mutu Beton K-300	0,58	Aman
Pelat Lt.1-10	Ide Alternatif	Mu/εMn	Keterangan
Existing	Tebal 15 Cm, Tulangan arah-x dan arah-y = ρ12-200, Mutu Beton K-300	0,52	Aman
Alternatif 1	Tebal 12 Cm, Tulangan arah-x = ρ12-200 dan arah-y = ρ10-200, Mutu Beton K-300	0,65	Aman
Alternatif 2	Tebal 12 Cm, Tulangan arah-x = ρ12-200 dan arah-y = ρ10-200 dan ρ12-200, Mutu Beton K-300	0,66	Aman

Lanjutan Tabel 4.

Balok Induk Arah X	Ide Alternatif	Mu/ Mn	Keterangan
Existing	Dimensi 35 x 70 Cm, Tul.Lentur= 3D22, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = 10-200, Mutu Beton K-300	0,38	Aman
Alternatif 1	Dimensi 30 x 70 Cm, Tul.Lentur= 6D19, Tul.Torsi = 1D13, Tul.Sengkang = 10-250, Mutu Beton K-300	0,97	Aman
Alternatif 2	Dimensi 35 x 65 Cm, Tul.Lentur=6D19, Tul.Torsi = 1D13, Tul.Sengkang = 10-250, Mutu Beton K-300	0,75	Aman
Balok Induk Arah Y	Ide Alternatif	Mu/ Mn	Keterangan
Existing	Dimensi 30 x 60 Cm, Tul.Lentur= 5D19, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = D10, Mutu Beton K-300	0,65	Aman
Alternatif 1	Dimensi 35 x 55 Cm, Tul.Lentur=7D19, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = 10-250, Mutu Beton K-300	0,70	Aman
Alternatif 2	Dimensi 35 x 50 Cm, Tul.Lentur=7D19, Tul.Torsi = 1D13, Tul.Sengkang = 10-250, Mutu Beton K-300	0,78	Aman
Balok Anak	Ide Alternatif	Pu/ Pn	Keterangan
Existing	Dimensi 20 x 40 Cm, Tul.Lentur = 4D16, Tul.Torsi = 1D13, Tul.Sengkang = 10-200, Mutu Beton K-300	0,43	Aman
Alternatif 1	Dimensi 20 x 45 Cm, Tul.Lentur= 3D13, Tul.Torsi = 1D13, Tul.Sengkang = 10-200, Mutu Beton K-300	0,70	Aman
Alternatif 2	Dimensi 25 x 40 Cm, Tul.Lentur= 3D13, Tul.Torsi = 1D13, Tul.Sengkang = 10-250, Mutu Beton K-300	0,40	Aman
Kolom (Tipe 1)	Ide Alternatif	Pu/ Pn	Keterangan
Existing	Dimensi 80 x 100 Cm, Tul. Lentur= 34D25, Tul.Sengkang= 12-200, Mutu Beton K-300	0,82	Aman
Alternatif 1	Dimensi 75 x 100 Cm, Tul. Lentur= 34D25, Tul.Sengkang= 12-200, Mutu Beton K-300	0,90	Aman
Alternatif 2	Dimensi 80 x 95 Cm, Tul. Lentur= 34D25, Tul.Sengkang= 12-200 Mutu Beton K-300	0,89	Aman
Kolom (Tipe 2)	Ide Alternatif	Pu/ Pn	Keterangan
Existing	Dimensi 60 x 100 Cm, Tul. Lentur= 20D25, Tul.Sengkang= 12-200, Mutu Beton K-300,	0,81	Aman
Alternatif 1	Dimensi 55 x 100 Cm, Tul. Lentur= 28D25, Tul.Sengkang= 12-200, Mutu Beton K-300	0,79	Aman
Alternatif 2	Dimensi 60 x 90 Cm, Tul. Lentur= 16D25, Tul.Sengkang= 12-200, Mutu Beton K-300,	0,93	Aman

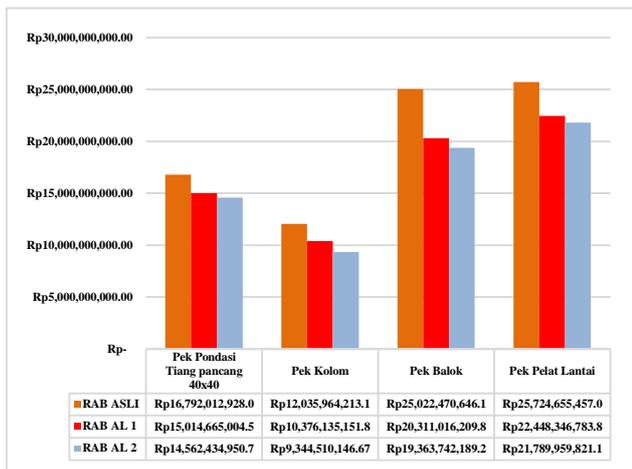
Kolom (Tipe 4)	Ide Alternatif	ØPn > Pu	Keterangan
Existing	Dimensi 50 x 50 cm, Tul. Lentur= 8D16, Tul.Sengkang=12-200, Mutu Beton K-300	0,11	Aman
Alternatif 1	Dimensi 40 x 50 cm, Tul. Lentur= 12D16, Tul.Sengkang=12-200, Mutu Beton K-300	0,12	Aman
Alternatif 2	Dimensi 40 x 40 cm, Tul. Lentur= 8D16, Tul.Sengkang=10-200, Mutu Beton K-300	0,16	Aman
T. Pancang	Ide Alternatif	SF	Keterangan
Existing	Dimensi 40 x 40 cm, Tipe Square Pile, Mutu Beton K-500 panjang 24 m	1,5	Aman
Alternatif 1	Dimensi 40 x 40 cm, Tipe Square Pile, Mutu Beton K-500, Panjang pancang Type 1= 22 M, Type 2=22 m	1,5	Aman
Alternatif 2	Dimensi 40 x 40 cm, Tipe Square Pile, Mutu Beton K-500, Panjang pancang Type1 & Type 2=21 m	1,5	Aman

Catatan : Syarat aman Mu/Mn harus <1, Pu/Ø Pn harus <1. (Sumber: Hasil Analisis Struktur)

Tahap Evaluasi

Pada tahap evaluasi, seluruh alternatif dilakukan analisa struktur dengan menggunakan peraturan untuk beton struktural bangunan gedung menggunakan SNI 2837:2013, untuk ketahanan gempa struktur bangunan gedung menggunakan SNI 1726:2012, dan untuk perencanaan pembebanan bangunan gedung menggunakan SNI 1727:2013. Alternatif yang diusulkan telah memenuhi syarat keamanan struktur seperti lendutan pada struktur maupun perbandingan momen nominal dengan momen ultimate.

Setelah didapatkan kebutuhan masing-masing item pekerjaan struktur, kemudian dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya berdasarkan analisa harga satuan yang didapat dari tempat penelitian. Hasil dari perhitungan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Rencana Anggaran Biaya Tiap Alternatif

Setelah dilakukan analisa perbandingan biaya, kemudian dilakukan analisa keuntungan dan kerugian pada masing-masing alternatif

Tahap Pengembangan

Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan hasil terbaik dari setiap Alternatif. Analisa yang dilakukan dalam proses tersebut meliputi analisis biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*), Analisa *zerro-one*, dan metode *scoring matrix*.

1. Analisa Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Analisa biaya siklus hidup (*life cycle cost*) dalam *value engineering* berfokus pada nilai untuk menentukan alternatif dengan biaya yang paling rendah. Beberapa dasar ketentuan yang digunakan untuk analisa ini adalah:

- Nilai ekonomis bangunan 25 tahun
- Asumsi bunga deposito 5 bank besar di Indonesia pada tahun 2019 sebesar 6,5%

Berikut perhitungan analisa biaya siklus hidup alternatif 1 untuk pekerjaan Pelat Atap:

Biaya Konstruksi = Rp 22,448,346,784

- Faktor P/A = P/A

$$= \frac{(1 + \text{suku bunga})^{25} - 1}{(\text{suku bunga} \times (\text{suku bunga} + 1)^{25})}$$

$$= \frac{(1 + 0,065)^{25} - 1}{(0,065 \times (0,065 + 1)^{25})}$$

$$= 3,827/0,313$$

$$= 12,20$$

Operational Cost

- Perawatan/Tahun = bunga bank x Biaya konstruksi
 = 6,5% x Rp 22,448,346,784
 = Rp 1,459,142,541

- *Present Worth* = (P/A) x (Perawatan/Tahun)
 = 12,20 x Rp 1,459,142,541
 = Rp 17,798,620,715

Maintenance Cost Total

- Operasional/Tahun = Biaya Konstruksi x 0.1
 = Rp 22,448,346,784 x 0.1
 = Rp 2,244,834,678

- *Present Worth* = (P/A) x (Operasional/Tahun)
 = 12,20 x Rp 2,244,834,678
 = Rp 27,382,493,407

- *Tot. Cost Present* = Biaya Konstruksi + *Present worth operational* + *Present worth Maintenance*
 = Rp 22,448,346,784 + Rp 17,798,620,715 + Rp 27,382,493,407
 = 67,629,460,905

- *Saving (LCC)* = *Total Cost (LCC) Eksisting* - *Total Cost (LCC) Alternatif 1*
 = Rp 77,499,897,756 - Rp 67,629,460,905

- *Percentage Saving* = *Saving (LCC) / Total Cost*
 = Rp 67,629,460,905 / Rp 67,629,460,905
 = 13%

Rekapitulasi hasil perhitungan untuk pekerjaan dan alternatif lainnya dapat dilihat pada Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 5. Analisis Biaya Siklus Hidup Pek. Pelat lantai

No.	Present Value	Existing	Alternatif 1	Alternatif 2	
Initial Cost	1	Biaya Konstruksi	Rp 25,724,655,457	Rp 22,448,346,784	Rp 21,789,959,821
Operational Cost	2	Faktor P/A (n=10, i=10%)	14.725	14.725	14.725
	3	Annual Maintenance Cost/ Perawatan Per Tahun	Rp 1,672,102,605	Rp 1,459,142,541	Rp 1,416,347,388
	4	Present Worth of Annual Maintenance Cost (2 x 3)	Rp 24,621,710,854	Rp 21,485,873,916	Rp 20,855,715,294

Maintenance Cost Total	5	Faktor P/A (n=10, i= 5%)	14.725	14.725	14.725
	6	Annual Operational Cost/ Operasional Per Tahun	Rp 2,572,465,546	Rp 2,244,834,678	Rp 2,178,995,982
	7	Present Worth of Annual Operational Cost (5 x 6)	Rp 37,879,555,160	Rp 33,055,190,639	Rp 32,085,715,837
Total	8	Total Cost Present Value (1+4+7)	Rp 88,225,921,472	Rp 76,989,411,339	Rp 74,731,390,952
Saving	9	Saving	-	Rp 11,236,510,133	Rp 13,494,530,520
	10	Percentage Saving Cost	-	13%	15%

Tabel 5. Analisis Biaya Siklus Hidup Pek. Balok

No.	Present Value	Existing	Alternatif 1	Alternatif 2	
Initial Cost	1	Biaya Konstruksi	Rp 25,022,470,646	Rp 20,311,016,210	Rp 19,363,742,189
Operational Cost	2	Faktor P/A (n=10, i= 10%)	12.198	12.198	12.198
	3	Annual Maintenance Cost/ Perawatan Per Tahun	Rp 1,626,460,592	Rp 1,320,216,054	Rp 1,258,643,242
	4	Present Worth of Annual Maintenance Cost (2 x 3)	Rp 19,839,566,301	Rp 16,103,995,422	Rp 15,352,930,270
Maintenance Cost Total	5	Faktor P/A (n=10, i= 5%)	12.198	12.198	12.198
	6	Annual Operational Cost/ Operasional Per Tahun	Rp 2,502,247,065	Rp 2,031,101,621	Rp 1,936,374,219
	7	Present Worth of Annual Operational Cost (5 x 6)	Rp 30,522,409,694	Rp 24,775,377,573	Rp 23,619,892,722
Total	8	Total Cost Present Value (1+4+7)	Rp 75,384,446,642	Rp 61,190,389,205	Rp 58,336,565,181
Saving	9	Saving	-	Rp 14,194,057,437	Rp 17,047,881,460
	10	Percentage Saving Cost	-	19%	23%

Tabel 5. Analisis Biaya Siklus Hidup Pek. Kolom

No.	Present Value	Existing	Alternatif 1	Alternatif 2	
Initial Cost	1	Biaya Konstruksi	Rp 12,035,964,213	Rp 10,376,135,152	Rp 9,344,510,147
Operational Cost	2	Faktor P/A (n=10, i= 10%)	12.198	12.198	12.198
	3	Annual Maintenance Cost/ Perawatan Per Tahun	Rp 782,337,674	Rp 674,448,785	Rp 607,393,160
	4	Present Worth of Annual Maintenance Cost (2 x 3)	Rp 9,542,954,946	Rp 8,226,926,278	Rp 7,408,981,760

Maintenance Cost Total	5	Faktor P/A (n=10, i= 5%)	12.198	12.198	12.198
	6	Annual Operational Cost/ Operasional Per Tahun	Rp 1,203,596,421	Rp 1,037,613,515	Rp 934,451,015
	7	Present Worth of Annual Operational Cost (5 x 6)	Rp 14,681,469,147	Rp 12,656,809,658	Rp 11,398,433,477
Total	8	Total Cost Present Value (1+4+7)	Rp 36,260,388,306	Rp 31,259,871,088	Rp 28,151,925,384
Saving	9	Saving	-	Rp 5,000,517,218	Rp 8,108,462,923
	10	Percentage Saving Cost	-	14%	22%

Tabel 5. Analisis Biaya Siklus Hidup Pek. Pondasi

No.		Present Value	Existing	Alternatif 1	Alternatif 2
Initial Cost	1	Biaya Konstruksi	Rp 16,792,012,928	Rp 15,014,665,005	Rp 14,562,434,951
	2	Faktor P/A (n=10, i= 10%)	12.198	12.198	12.198
Operational Cost	3	Annual Maintenance Cost/ Perawatan Per Tahun	Rp 1,091,480,840	Rp 975,953,225	Rp 946,558,272
	4	Present Worth of Annual Maintenance Cost (2 x 3)	Rp 13,313,883,290	Rp 11,904,677,442	Rp 11,546,117,799
Maintenance Cost Total	5	Faktor P/A (n=10, i= 5%)	12.198	12.198	12.198
	6	Annual Operational Cost/ Operasional Per Tahun	Rp 1,679,201,293	Rp 1,501,466,500	Rp 1,456,243,495
	7	Present Worth of Annual Operational Cost (5 x 6)	Rp 20,482,897,370	Rp 18,314,888,373	Rp 17,763,258,153
Total	8	Total Cost Present Value (1+4+7)	Rp 50,588,793,588	Rp 45,234,230,819	Rp 43,871,810,903
Saving	9	Saving	-	Rp 5,354,562,769	Rp 6,716,982,685
	10	Percentage Saving Cost	-	11%	13%

Tabel 6. Analisa Zerro-One Pekerjaan Plat

2. Analisa Pengambilan Keputusan (Zero One)

Biaya bukan satu-satunya kriteria yang menjadi pertimbangan dalam analisa desain proyek, namun terdapat parameter kriteria lain. Metode *zero one* berfungsi memberikan informasi tentang kriteria terpenting dalam item pekerjaan. Kriteria tersebut meliputi fungsi, biaya, jadwal, pelaksanaan, mutu dan material.. Hasil analisa *zero one* dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9.

Kriteria	Fungsional	Biaya	Jadwal	Pelaksanaan	Mutu	Material	Total	Rangking
Fungsional	x	1	1	1	0	1	4	II
Biaya	0	x	1	1	0	1	3	III
Jadwal	0	0	x	1	0	1	2	IV
Pelaksanaan	0	0	0	x	0	1	1	VI
Mutu	1	1	1	1	x	1	5	I
Material	0	0	0	0	0	x	0	V

Hasil metode *zero one* pekerjaan pelat atap dan lantai, kriteria mutu mendapatkan ranking 1, fungsional ranking 2 dan biaya ranking 3 karena fungsi utama pelat adalah sebagai penutup bangunan untuk pelat atap dan tempat berpijak atau menahan beban untuk pelat lantai sehingga faktor mutu menjadi yang utama.

Tabel 7. Analisa *Zerro-One* Pekerjaan Balok

Kriteria	Fungsional	Biaya	Jadwal	Pelaksanaan	Mutu	Material	Total	Rangking
Fungsional	x	1	1	1	0	1	4	II
Biaya	0	x	1	1	0	1	3	III
Jadwal	0	0	x	1	0	1	2	IV
Pelaksanaan	0	0	0	x	0	1	1	VI
Mutu	1	1	1	1	x	1	5	I
Material	0	0	0	0	0	x	0	V

Hasil metode *zero one* pekerjaan balok, kriteria mutu mendapatkan ranking 1, fungsional ranking 2 dan biaya ranking 3 karena fungsi balok adalah menahan dan mendistribusikan beban ke kolom sehingga faktor mutu menjadi yang utama.

Tabel 8. Analisa *Zerro-One* Pekerjaan Kolom

Kriteria	Fungsional	Biaya	Jadwal	Pelaksanaan	Mutu	Material	Total	Rangking
Fungsional	x	1	1	1	0	1	4	II
Biaya	0	x	1	1	0	1	3	III
Jadwal	0	0	x	1	0	1	2	IV
Pelaksanaan	0	0	0	x	0	1	1	VI
Mutu	1	1	1	1	x	1	5	I
Material	0	0	0	0	0	x	0	V

Hasil metode *zero one* pekerjaan kolom, kriteria mutu mendapatkan ranking 1, fungsional ranking 2 dan biaya ranking 3 karena fungsi utama kolom adalah meneruskan beban seluruh bangunan ke pondasi sehingga faktor mutu menjadi yang utama.

Tabel 9. Analisa *Zerro-One* Pekerjaan Pondasi (Tiang Pancang)

Kriteria	Fungsional	Biaya	Jadwal	Pelaksanaan	Mutu	Material	Total	Rangking
Fungsional	x	1	1	1	0	1	4	II
Biaya	0	x	1	1	0	1	3	III
Jadwal	0	0	x	1	0	1	2	IV
Pelaksanaan	0	0	0	x	0	1	1	VI
Mutu	1	1	1	1	x	1	5	I
Material	0	0	0	0	0	x	0	V

Hasil metode *zero one* pekerjaan pondasi (tiang pancang), kriteria mutu mendapatkan ranking 1, fungsional ranking 2 dan biaya ranking 3 karena fungsi utama pondasi adalah menerima dan mendukung seluruh beban bangunan sehingga faktor mutu menjadi yang utama.

3. Metode *Scoring-Matrix*

metode *scoring matrix* dilakukan dalam tahap ini untuk memberikan bobot dan nilai untuk mendapatkan nilai total tertinggi sebagai desain struktur yang dipilih. Terdapat beberapa keterangan acuan dalam pembobotan nilai dari kriteria yang disajikan antara lain:

- Setiap alternatif diberikan nilai yaitu 4 (sempurna), 3 (baik), 2 (cukup), dan 1 (kurang)
- Nilai terbesar merupakan alternatif terbaik.

Hasil pembobotan nilai dapat dilihat pada Tabel 10, Tabel 11, Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 10. Analisa *Scoring-Matrix* Pekerjaan Pelat

Kriteria	Fungsional	Biaya	Jadwal	Pelaksanaan	Mutu	Material	Total	Rangking
Bobot	5	4	3	2	6	1		
Existing	4	2	2	4	4	4	70	III
	20	8	6	8	24	4		
Alternatif 1	4	3	3	4	4	4	77	II
	20	12	9	8	24	4		
Alternatif 2	4	4	4	4	4	4	84	I
	20	16	12	8	24	4		

Hasil metode *scoring-matrix* pada pekerjaan pelat alternatif 2 terpilih menjadi ranking 1 dengan nilai total 84, kriteria mutu fungsi dan biaya menjadi penentu dengan sumbangsih nilai 20, 24 dan 16.

Tabel 11. Analisa *Scoring-Matrix* Pekerjaan Balok

Kriteria	Fungsional	Biaya	Jadwal	Pelaksanaan	Mutu	Material	Total	Rangking
Bobot	5	4	3	2	6	1		
Existing	4	2	3	4	4	4	73	III
	20	8	9	8	24	4		
Alternatif 1	4	3	4	4	4	4	80	II
	20	12	12	8	24	4		
Alternatif 2	4	4	4	4	4	4	84	I
	20	16	12	8	24	4		

Hasil metode *scoring-matrix* pada pekerjaan balok alternatif 2 terpilih menjadi ranking 1 dengan nilai total

84, kriteria mutu fungsi dan biaya menjadi penentu dengan sumbangsih nilai 20, 24 dan 16

Tabel 12. Analisa *Scoring-Matrix* Pekerjaan Kolom

Kriteria	Fungsional	Biaya	Jadwal	Pelaksanaan	Mutu	Material	Total	Rangking
Bobot	5	4	3	2	6	1		
Existing	4	2	3	4	4	4	73	III
	20	8	9	8	24	4		
Alternatif 1	4	3	4	4	4	4	80	II
	20	12	12	8	24	4		
Alternatif 2	4	4	3	4	4	4	81	I
	20	16	9	8	24	4		

Hasil metode *scoring-matrix* pada pekerjaan kolom alternatif 2 terpilih menjadi ranking 1 dengan nilai total 81, kriteria mutu fungsi dan biaya menjadi penentu dengan sumbangsih nilai 20, 24 dan 16

Tabel 13. Analisa *Scoring-Matrix* Pekerjaan Pondasi (Tiang Pancang)

Kriteria	Fungsional	Biaya	Jadwal	Pelaksanaan	Mutu	Material	Total	Rangking
Bobot	5	4	3	2	6	1		
Existing	4	2	3	4	4	4	73	III
	20	8	9	8	24	4		
Alternatif 1	4	3	3	4	4	4	77	II
	20	12	9	8	24	4		
Alternatif 2	4	4	4	3	4	4	82	I
	20	16	12	6	24	4		

Hasil metode *scoring-matrix* pada pekerjaan pelat alternatif 2 terpilih menjadi ranking 1 dengan nilai total 82, kriteria mutu fungsi dan biaya menjadi penentu dengan sumbangsih nilai 20, 24 dan 16.

Tahap Rekomendasi

Pada tahap ini yang dilakukan adalah memnampilkan hasil studi rekayasa nilai yang menghasilkan alternatif terbaik.

Pekerjaan Pelat

Berdasarkan hasil dari tahap pengembangan maka diperoleh hasil alternatif terbaik

- Rencana Awal :
 - Pelat Atap: Tebal 12 Cm, Tulangan arah-x dan arah-y = \varnothing 10-150, Mutu Beton K-300

- Pelat Lt.1-10: Tebal 15 Cm, Tulangan arah-x dan arah-y = \varnothing 10-200, Mutu Beton K-300
- Alternatif 2 (yang diusulkan):
 - Alternatif Pelat Atap: Tebal 8 Cm, Tulangan arah-x dan arah-y = \varnothing 10-150, Mutu Beton K-300
 - Alternatif Pelat Lt.1-10: Tebal 12 Cm, Tulangan arah-x = \varnothing 12-200 dan arah-y = \varnothing 10-200, Mutu Beton K-300
 - Dasar Pertimbangan Tim: Kemampuan struktur menahan beban berdasarkan SNI 1727:2013. Biaya yang paling murah ditinjau dari segi LCC. Volume pekerjaan yang lebih kecil dapat mempersingkat waktu pelaksanaan. Volume yang lebih kecil tersebut berdampak pada berkurangnya berat bangunan sehingga mengurangi pengaruh beban gempa terhadap bangunan. Berat struktur pelat yang lebih ringan akan mengurangi beban yang diterima balok dan kolom, sehingga dimensi dan penulangan balok akan berkurang. Dengan demikian balok dan kolom akan menjadi lebih hemat namun tetap memenuhi kebutuhan
 - Dengan menggunakan alternatif tersebut maka didapat penghematan sebagai berikut:

- a. Nilai *existing* pekerjaan pelat memiliki total biaya sebesar Rp. 25.724.655.457,01
- b. Dengan alternatif 2 pelat memiliki total biaya sebesar Rp. 21.789.959.821.13
- c. Biaya pekerjaan pelat dapat dihemat sebesar Rp. 3.934.695.635,88

Pekerjaan Balok

Berdasarkan hasil dari tahap pengembangan maka diperoleh hasil alternatif terbaik

- Rencana Awal:
 - Balok Induk arah-x: Dimensi 35 x 70 Cm, Tul.Lentur= 3D22, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = \varnothing 10-200, Mutu Beton K-300
 - Balok Induk arah-y: Dimensi 30 x 60 Cm, Tul.Lentur= 5D19, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = \varnothing 10-250, Mutu Beton K-300
 - Balok anak: Dimensi 20 x 40 Cm, Tul.Lentur= 4D16, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = \varnothing 10-250, Mutu Beton K-300
- Alternatif 2 (yang diusulkan):
 - Balok Induk arah-x: Dimensi 35 x 65 Cm, Tul.Lentur= 6D19, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = \varnothing 10-250, Mutu Beton K-300
 - Balok Induk arah-y: Dimensi 35 x 55 Cm, Tul.Lentur= 7D19, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = \varnothing 10-250, Mutu Beton K-300

- Balok anak: Dimensi 25 x 40 Cm, Tul.Lentur= 3D13, Tul.Torsi = D13, Tul.Sengkang = \varnothing 10-250, Mutu Beton K-300
- Dasar Pertimbangan Tim: Kemampuan struktur menahan beban berdasarkan standar/ketentuan/SNI 1727:2013. Biaya yang paling murah jika ditinjau dari metode LCC. Volume pekerjaan yang lebih kecil yang berdampak pada berkurangnya berat stuktur. Berat stuktur yang lebih ringan akan mengurangi beban yang diterima sehingga dimensi dan jumlah tulangan berkurang. Dengan demikian dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan.
- Dengan menggunakan alternatif tersebut maka didapat penghematan sebagai berikut:
 - a. Nilai *existing* pekerjaan balok memiliki total biaya sebesar Rp 25.022.470.646,18.
 - b. Dengan alternatif 2 balok memiliki total biaya sebesar Rp. 19.363.742.189,22.
 - c. Biaya pekerjaan balok dapat dihemat sebesar Rp. 5.658.728.456,96.

Pekerjaan Kolom

Berdasarkan hasil dari tahap pengembangan maka diperoleh hasil alternatif terbaik

- Rencana Awal:
 - Kolom Tipe 1: Dimensi 80 x 100 Cm, Tul. Lentur= 34D25, Tul.Sengkang= \varnothing 12-200, Mutu Beton K-300
 - Kolom Tipe 2: Dimensi 60 x 100 Cm, Tul. Lentur= 20D25, Tul.Sengkang= \varnothing 12-200, Mutu Beton K-300
 - Kolom Tipe 4: Dimensi 50 x 50 Cm, Tul. Lentur= 8D16, Tul.Sengkang= \varnothing 12-200, Mutu Beton K-300
- Alternatif 2 (yang diusulkan):
 - Kolom Tipe 1: Dimensi 80 x 95 Cm, Tul. Lentur= 34D25, Tul.Sengkang= \varnothing 12-200, Mutu Beton K-300
 - Kolom Tipe 2: Dimensi 60 x 90 Cm, Tul. Lentur= 16D25, Tul.Sengkang= \varnothing 12-200, Mutu Beton K-300
 - Kolom Tipe 4: Dimensi 40 x 40 Cm, Tul. Lentur= 8D16, Tul.Sengkang= \varnothing 12-200, Mutu Beton K-300
- Dasar Pertimbangan Tim: Kemampuan struktur menahan beban berdasarkan standar/ketentuan/SNI 1727:2013. Biaya yang paling murah jika ditinjau dari metode LCC. Volume pekerjaan yang lebih kecil sehingga dapat mempersingkat waktu pelaksanaan pekerjaan. Volume yang lebih kecil tersebut berdampak pada berkurangnya berat bangunan sehingga mengurangi pengaruh beban gempa terhadap bangunan. Berat stuktur yang lebih ringan akan mengurangi beban yang diterima pondasi, sehingga dimensi, penulangan dan dan

kebutuhan pondasi berkurang. Dengan demikian akan menjadi lebih hemat namun tetap memenuhi kebutuhan.

- Dengan menggunakan alternatif tersebut maka didapat penghematan sebagai berikut:
 - a. Nilai *existing* pekerjaan kolom memiliki total biaya sebesar Rp 12.035.964.213,17.
 - b. Dengan alternatif 2 kolom memiliki total biaya sebesar Rp. 9.344.510.146,67.
 - c. Sehingga biaya pekerjaan kolom dapat dihemat sebesar Rp. 2.691.454.066,50.

Pekerjaan Pondasi (Tiang Pancang)

Berdasarkan hasil dari tahap pengembangan maka diperoleh hasil alternatif terbaik

- Rencana Awal : Dimensi 40 x 40 Cm, Type Pancang, Mutu Beton K-500
- Alternatif 2 (yang diusulkan): Dimensi 40 x 40 Cm, Type Pancang, Mutu Beton K-500
- Dasar Pertimbangan Tim : Kemampuan struktur dalam menahan beban sesuai dengan SNI yang disyaratkan, biaya yang paling murah jika ditinjau dari metode LCC, jadwal pelaksanaan yang lebih cepat karena kedalaman pancang yang lebih dangkal dengan tetap memperhatikan kebutuhan tiang pancang sesuai pembebanan.
- Dengan menggunakan alternatif tersebut maka didapat penghematan sebagai berikut:
 - a. Nilai *existing* pekerjaan tiang pancang memiliki total biaya sebesar Rp 16.792.012.928,00
 - b. Dengan alternatif 2 tiang pancang memiliki total biaya sebesar Rp. 14.562.434.950,72
 - c. Sehingga biaya pekerjaan Tiang Pancang dapat dihemat sebesar Rp. 2.229.577.977,28

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan di atas, dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan proses analisis yang dilakukan, diperoleh item pekerjaan struktur yang berpotensi untuk diterapkan rekayasa nilai yaitu pekerjaan pelat atap & pelat lantai, balok induk arah x dan y serta balok anak, kolom tipe 1,2,3,4 dan pekerjaan tiang pancang.
 - Dari penerapan rekayasa nilai yang dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Parkir Bertingkat Unair Kampus B Surabaya dapat diambil kesimpulan alternatif yang digunakan pada pekerjaan pelat atap dimensi tulangan arah x dan y \varnothing 10-150, mutu beton K-300 dan tebal pelat berkurang dari 12cm menjadi 8cm. Pada pekerjaan pelat lantai 1-10 dimensi tulangan arah x dan y \varnothing 12-

200, mutu beton K-300 dan tebal pelat berkurang dari 15cm menjadi 12cm. Pada pekerjaan balok induk arah-x dimensi balok diperkecil menjadi 35 x 65 Cm, tulangan lentur 6D19, tulangan torsi D13, tulangan sengkang ϕ 10-250, dan mutu beton K-300. Pada pekerjaan balok induk arah-y dimensi balok diperkecil menjadi 35 x 55 Cm, tulangan lentur 7D19, tulangan torsi D13, tulangan sengkang ϕ 10-250, dan mutu beton K-300. Pada pekerjaan balok anak dimensi diperbesar 25 x 40 Cm, tulangan lentur diperkecil menjadi 3D13, tulangan torsi D13, tulangan sengkang ϕ 10-250, dan mutu beton K-300. Pada pekerjaan kolom tipe 1 dimensi kolom diperkecil menjadi 80 x 95 Cm, tulangan lentur 34D25, tulangan sengkang ϕ 12-200, dan mutu beton K-300. Pada pekerjaan kolom tipe 2 dimensi kolom diperkecil menjadi 60 x 90 Cm, tulangan lentur 16D25, tulangan sengkang ϕ 12-200, dan mutu beton K-300. Pada pekerjaan kolom tipe 4 dimensi kolom diperkecil menjadi 40 x 40 Cm, tulangan lentur 8D16, tulangan sengkang ϕ 12-200, dan mutu beton K-300. Pada pekerjaan pondasi dimensi sesuai existing 40 x 40 Cm, mutu beton K-500, dan perbedaan terletak pada panjangnya tiang pancang alternatif yang lebih pendek daripada existing yaitu 21 M dikarenakan kedalaman pancang yang lebih dangkal dapat mempercepat proses pengerjaan dengan tetap memperhatikan kebutuhan tiang pancang sesuai pembebanan

2. Penghematan biaya dengan penerapan rekayasa nilai dari seluruh item pekerjaan struktural mendapatkan *saving* sebesar Rp 14.514.456.000 (Empat Belas Milyar Lima Ratus Empat Belas Juta Empat Ratus Lima Puluh Enam Rupiah) atau penghematan 18,24% dari perencanaan *existing*.

Saran

Berdasarkan analisa maka dapat disampaikan beberapa hal yang sebaiknya dilakukan dalam melakukan studi rekayasa nilai diantaranya:

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

- Amran MA, Wibowo PD, Adriansyah. 2019. *Faktor yang Berpengaruh dalam Penerapan Value Engineering pada Pekerjaan D-Wall di Bangunan Gedung Menggunakan Metoda RII*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 8 Nomor 1. ISSN: 2252-7699.
- Armayanda, M. R., Pasaribu, M. F. 2017. Penerapan Value Engineering untuk Menghemat Biaya Produksi Sapu Ijuk pada UD. *Maju Jaya*. *Jurnal Ilmiah Jurutera*. Vol. 4 Nomor. 2. ISSN: 2356-5438
- Asnuddin, Andi. 2008. *Potensi Bisnis Usaha Jasa Konstruksi di Indonesia*. *Jurnal SMARTek*. Vol. 6 Nomor 4. ISSN: 1693-0460.
- Aulia, Novinda Annisa. 2016. Analisis dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Pareto dan Fishbone Diagram (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang) [Naskah Publikasi]. Malang : Universitas Brawijaya.
- Berawi, Muhammed Ali. 2014. *Aplikasi Value Engineering pada Industri Konstruksi Bangunan Gedung*. Jakarta: UI-Press.
- Dapu, Yelstin C. 2016. *Faktor-Faktor yang Menyebabkan Cost Overrun pada Proyek Konstruksi*. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 4 Nomor 10. ISSN: 2337-6732.
- Khaerul Bahri, Retno Indryani. 2018. “Penerapan Rekayasa Nilai (Value Engineering) Pekerjaan Arsitektural Pada Proyek Pembangunan Transmart Carrefour Padang”. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 7 Nomor 1. ISSN: 2337-3539.
- Labombang, Mastura. 2007. *Penerapan Rekayasa Nilai (Value Ewngineering) pada Konstruksi Bangunan*. *Jurnal SMARTek*. Vol. 5 Nomor 3. ISSN: 1693-0460.
- Maulida, S., Yunani, A. 2017. *Peluang dan Tantangan Pengembangan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) dari Berbagai Aspek Ekonomi*. *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Bisnis*. Vol. 2 Nomor 1. ISSN: 2528-2077
- Menteri PUPR 2018. *Pedoman Teknis Pembangunan Gedung Negara (No.22/PRT/M/2018)*
- Rumintang, Anna. 2008. *Analisa Rekayasa Nilai Pekerjaan Struktur Gedung Teknik Infomatika UPN “Veteran” Jatim*. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol. 4 Nomor 2.
- SAVE International. 2007. *Value Standard And Body Of Knowledge*. Available: https://www.pinnacleresults.com/images/VE_Standard_from_SAVE.pdf
- Soeharto. Iman. 2001. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual sampai Operasional)*, Jilid 2. Jakarta: Erlangga



UNESA

Universitas Negeri Surabaya