

ANALISIS VALUE ENGINEERING PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN DI CIKARANG

oleh :

Aripurnomo Kartohardjono

Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : a.kartohardjono@gmail.com

Nuridin

Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : nuridinidin27@yahoo.co.id

Abstrak : Biaya untuk sebuah pembangunan suatu proyek sangatlah penting tetapi kalau dalam penggunaannya tidak ada pengendalian maka keuangan pemilik proyek akan rugi. Pada pembangunan proyek apartemen di Cikarang ini pekerjaan arsitektur (pekerjaan dinding, pekerjaan *precast facade*, pekerjaan plafond, pekerjaan lantai, pekerjaan pintu jendela, pekerjaan railing, pekerjaan sanitair) memakan biaya yang lebih besar dibanding pekerjaan lainnya. *Value engineering* merupakan salah satu cara untuk menekan faktor biaya tersebut karena akan mengidentifikasi item pekerjaan apa yang mungkin banyak mengeluarkan biaya dengan cara melalui tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa, dan tahap rekomendasi serta menggunakan metode *paired comparason* dalam menentukan faktor yang akan digunakan sebagai desain penggantinya. Pengeluaran biaya pekerjaan dinding *eksisting* sebesar Rp.10.189.035.186, setelah dilakukan proses *value engineering* dengan alternatif 1 didapatkan biaya sebesar Rp. 8.052.748.444 atau ada penghematan Rp.2.136.286.741 (20.97%). Dan dengan alternatif 2 didapatkan biaya sebesar Rp.8.134.383.474 atau ada penghematan Rp.2.054.651.711 (20.17%).

Kata Kunci : *value engineering*, tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa, tahap rekomendasi

Abstract : *The cost for development a project is very important but if there is not control for its use than the project owner's finansial loss. In the construction of an apartement project in Cikarang this architectural work (wall work, precast facade work, ceiling work, floor work, window work, railing work, sanitair work) cost more than other. Value engineering is one way to minimize the cost factor because it will identify what items of work may cost a lot by going through the information stage, crative phase, analisis phase, and recomendation stage and using paired comparason method in determining the factors to be used as design his successor. Expenditure of existing wall work costs Rp. 10.189.035.186, after the value engineering process with alternative 1, it was found that the cost of Rp. 8.052.748.444 or Rp.2.136.286.741 (20.97%). And with the alternative 2 obtained a cost of Rp.8.134.383.474 or there is savings Rp.2.054.651.711 (20.17%).*

Keywords : *Value engineering, information phase, creative phase, analysis phase, recomendation phase.*

Pendahuluan

Sebuah pembangunan pasti memerlukan biaya atau *cost*, dan tentunya *owner* atau pemilik bangunan menginginkan biaya seminimal mungkin tapi dengan hasil atau *output* yang maksimal secara kualitas pada

bangunannya. Pengendalian biaya proyek menjadi kunci penting dalam proses pengelolaan biaya proyek karena kegiatan suatu proyek bisa terjadi terdapat penggunaan material yang belum optimal, kurang terampilnya tenaga kerja, dan

penggunaan waktu yang tidak sesuai jadwal akan menyebabkan pembengkakan biaya yang menyimpang dari perencanaan awal. Pada pekerjaan arsitektur (pekerjaan dinding, pekerjaan plafond, pekerjaan lantai, pekerjaan pintu jendela, pekerjaan railing, pekerjaan sanitair, dan lain-lain) pada umumnya menggunakan porsi anggaran yang cukup besar dibanding dengan pekerjaan lainnya, oleh sebab itu perlu dipertimbangkan lagi apakah desain yang digunakan sudah optimal. Hal ini bisa dilakukan dengan meninjau kembali desain proyek tanpa mengoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat perencana ataupun mengoreksi perhitungannya namun lebih mengarah kepada penghematan biaya yang akan diperoleh sehingga memungkinkan untuk dilakukan penghematan biaya dengan cara mengidentifikasi dan mereduksi biaya-biaya yang tidak perlu tanpa mengurangi batasan mutu, keandalan, dan fungsi proyek itu sendiri.

Maka dari itu diperlukan suatu cara penghematan, dalam ilmu teknik dikenal suatu cabang ilmu mengenai penghematan biaya atau mengefisienkan biaya yaitu yang dinamakan Rekayasa Nilai (*Value Engineering*).

Sedangkan *Value Engineering* (VE) merupakan ilmu yang menggunakan pendekatan kreatif dan terencana guna mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya sehingga ada dana yang dapat dihemat namun tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada konstruksi. Penerapan *Value Engineering* ini dalam proyek merupakan suatu keniscayaan karena ada manfaat dan kegunaannya yang besar dalam penekanan biaya yang harus dikeluarkan oleh pemilik proyek atau *owner*. Namun hal yang berkaitan dengan *Value Engineering* tersebut jangan sampai terjadi efisiensi yang dapat menimbulkan konflik

atau sengketa pada pelaksanaannya, yang tidak sesuai dengan apa yang tercantum kontrak yang berlaku. Seringkali yang terjadi adalah perbedaan pemikiran, pendapat dan keinginan antar pemangku kepentingan yang satu dengan yang lainnya. Perbedaan ini kemudian menjadi lahirnya konflik atau sengketa.

Pada bangunan apartemen yang berlokasi di Cikarang dengan luas 31.500 m² terdiri dari 19 lapis (lantai), *owner* menghendaki adanya penghematan biaya. Oleh karena itu dilakukan penelitian ini dengan analisa *Value Engineering* untuk mendapatkan penghematan biaya sesuai yang dikehendaki oleh *owner*.

Tinjauan Pustaka

Value Engineering (VE) merupakan ilmu yang menggunakan pendekatan kreatif dan terencana guna mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya yang dianggap tidak memberikan pengaruh yang signifikan ataupun tidak perlu. Sedangkan *Value Engineering* (VE) menurut para ahli adalah sebagai berikut:

1. Rekayasa Nilai adalah sebuah prosedur ketat yang diarahkan pada pencapaian fungsi yang dibutuhkan dengan biaya minimum tanpa mengurangi mutu, tingkat kepercayaan, kinerja dan waktu penyerahan (*delivery*) (Short, *et.al*, 2007)
2. Rekayasa Nilai adalah aplikasi metode nilai (*value methodology*) pada sebuah proyek atau layanan yang sudah direncanakan atau dikonsepsikan untuk mencapai peningkatan nilai. Metodologi nilai adalah sebuah proses sistematis yang digunakan oleh tim multidisiplin untuk meningkatkan nilai (*value*) dari sebuah proyek melalui analisis terhadap fungsi-fungsinya (SAVE, 2007; Berawi, 2006)

3. Rekayasa Nilai adalah suatu usaha kreatif dalam mencapai suatu tujuan dengan mengoptimalkan biaya dan kinerja dari suatu fasilitas atau sistem (Abrar Husen, 2010)

Dalam menerapkan *Value Engineering*, pengembangan gagasan harus bertumpu pada:

1. Penghematan biaya
2. Waktu
3. Bahan

Rekayasa Nilai dalam pengertiannya tidak bermakna sebagai berikut:

a. Desain ulang

Mencari-cari kesalahan dan melakukan perhitungan ulang yang perencana sudah kerjakan

b. Mengurangi biaya proses

Melakukan penurunan kualitas melalui pemotongan biaya

c. Kontrol kualitas

Melakukan pengontrolan terhadap mutu yang diusahakan selevel atau sama dengan yang direncanakan dimana biaya yang seminimal mungkin.

Tahapan kerja *Value Engineering* ini untuk memudahkan kita dalam proses pelaksanaan sampai penerapan hasil dari *Value Engineering* tersebut. Serta sebagai tolak ukur keberhasilan dari *Value Engineering* ini.

Tahapan-tahapan tersebut antara lain:

1. Tahap Informasi

Tahap informasi adalah tahap permulaan dalam menyusun rencana kerja *Value Engineering* yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan item-item pekerjaan yang akan di analisis, untuk memperoleh item kerja yang akan dilakukan *Value Engineering* dengan cara mendefinisikan fungsi item dalam proyek.

Ada 2 teknik *breakdown*, dan analisis fungsi:

1. Breakdown

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

Tabel 1. *Breakdown* Pekerjaan

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

Sumber: Dell'Isola (1974)

Keterangan:

- Pekerjaan A-F merupakan item-item pekerjaan dari suatu elemen bangunan yang memiliki potensial untuk dilakukan VE. Item pekerjaan tersebut dipilih karena memiliki biaya yang besar dari elemen lainnya
- Untuk mengetahui item pekerjaan tersebut potensial untuk dilakukan VE adalah dengan memperbandingkan jumlah item pekerjaan tersebut dengan biaya total proyek. Bila memiliki prosentase besar, maka potensial dilakukan VE.

2. Analisis Fungsi

Analisis fungsi merupakan basis utama didalam *value engineering* karena analisis

iniilah yang membedakan VE dari teknik-teknik penghematan biaya lainnya. Fungsi diidentifikasi dengan menggunakan deskripsi yang terdiri dari dua kata, yaitu kata kerja dan kata benda. Kata kerja yang digunakan adalah kata kerja aktif dan kata benda yang digunakan adalah kata benda yang terukur. Secara umum fungsi dibedakan menjadi fungsi primer dan fungsi sekunder. Fungsi primer adalah fungsi, tujuan atau prosedur yang merupakan tujuan utama dan harus dipenuhi serta suatu identitas dari suatu produk tersebut dan tanpa fungsi tersebut produk tidak mempunyai kegunaan sama sekali. Fungsi sekunder adalah fungsi pendukung yang mungkin dibutuhkan untuk melengkapi fungsi dasar agar mempunyai nilai yang baik.

Analisis fungsi mempunyai tujuan sebagai:

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

Tabel 2. Analisis Fungsi

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

Sumber: Donomartono (1999)

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

Keterangan tabel:

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

2. Tahap Kreatif

Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan ide-ide alternatif sebanyak mungkin untuk dapat memenuhi fungsi dasar dari item kerja tersebut. Pada tahapan ini seluruh personel yang terlibat dituntut untuk berpikir kreatif sebanyak-banyaknya dan akan membuat ide atau gagasan berkembang cepat. Tahapan ini juga hanya menampung ide-ide yang dikemukakan oleh

personelnya tanpa melalui proses analisa dari ide-ide tersebut.

3. Tahap Analisa

Bertujuan untuk melakukan evaluasi, pembenahan dan analisa biaya yang terdapat dalam ide yang dihasilkan dan untuk mendata alternatif yang layak serta berpotensi dalam menghasilkan alternatif penghematan.

Dalam tahap ini diadakan analisa terhadap masukan-masukan ide atau alternatif. Ide yang kurang baik dihilangkan. Alternatif atau ide yang timbul diformulasikan dan dipertimbangkan keuntungan dan kerugiannya yang dipandang dari berbagai sudut, kemudian dibuatkan suatu peringkat hasil penilaian. Dalam mengevaluasi dapat menggunakan teknik diantaranya, metode *paired comparison*.

Untuk penjelasan teknik-teknik tersebut adalah sebagai berikut:

a. Metode *Paired Comparison*

Metode *paired comparison* adalah merupakan suatu metode penentuan sikap atas pemilihan terbaik. Fungsinya sebagai pembobotan untuk menggambarkan *relative importance* atau kepentingan relatif beberapa objek, yaitu semacam pembobotan yang menggambarkan kepentingan beberapa objek.

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

Tabel 3. Metode *Paired Comparison* Indeks

	B	C	Skor	Presentase	Deskripsi
A	A2	C2	2	33	A
	B	C2	0	0	B
			4	67	C

TOTAL	6	100	
-------	---	-----	--

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

Keterangan:

- Dalam contoh ini terdapat tiga kriteria A, B, C yang akan dibandingkan mana yang terbaik
- Dari contoh diatas A lebih penting dibanding B dengan tingkat kepentingan moderate oleh karena itu tertulis A2
- C lebih penting dari A dengan tingkat kepentingan moderate sehingga tertulis C2 begitupun C terhadap B sehingga tertulis C2
- Skor kemudian dijumlahkan. Pada tabel tertulis A memiliki skor A2 sehingga skornya 2. C memiliki skor C2 dan C2 sehingga skornya 4.
- Skor tersebut kemudian dipresentasikan sehingga didapatlah C =67%, A=33%, dan B= 0
- Skor tersebut nantinya akan dibawa ke matriks analisis fungsi sebagai indeks atau bobot.

Tabel 4. Metode *Paired Comparison* Bobot

	B	C	D	E	F	Skor	Perse ntase	Deskr ipsi
A	A3	A3	A3	A3	A3	15	41	A
	B	B3	B3	B3	B3	12	32	B
		C	C2	C2	C2	6	16	C
			D	D1	F1	2	5	D
				E	E1	1	3	E
						1	3	F
TOTAL						37	100	

b. Matriks Evaluasi

Menurut Hutabarat (1995) matriks evaluasi adalah suatu cara pengambilan keputusan yang dapat menggabungkan kriteria

kualitatif (tidak dapat diukur) dan kriteria kuantitatif (dapat diukur). Kriteria-kriteria pada metode ini dapat ditinjau dari aspek item pekerjaan yang dipilih, misalnya pembiayaan, waktu pelaksanaan, jumlah tenaga, kondisi lapangan, berat struktur, dan sebagainya. Cara pelaksanaan metode ini adalah:

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

Dalam menghitung matriks evaluasi menggunakan dua tabel, yaitu metode *paired comparison* untuk mencari indeks dan bobot. Jadi nantinya metode *paired comparison* digunakan pada dua jenis tabel yaitu untuk mencari bobot pada kriteria desain total dan indeks untuk setiap kriteria desain. Kemudian setelah didapatkan skor berupa persentase maka angka tersebut dimasukkan ke dalam matriks analisis fungsi secara rumus: **Indeks x Bobot**. Skor terbesar dari perkalian inilah yang nantinya akan menjadi pilihan.

Tabel 5. Matriks analisis fungsi

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

Dengan:

B = Bobot

I = Indeks

Y = Bobot x Indeks

ΣY = Jumlah total pada baris Y

Tabel tersebut dijelaskan sebagai berikut:

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

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

4. Tahap Rekomendasi

Tahapan ini adalah tahap terakhir dalam rencana kerja *Value Engineering* yang bertujuan untuk menawarkan atau memberikan laporan mengenai seluruh tahap sebelumnya dalam rencana *Value Engineering* kepada pihak manajemen atau pemberi tugas untuk memutuskan apakah

desain yang dipilih mampu dan baik untuk dilaksanakan. (Saptono, 2012).

Pengertian Dinding

Dinding adalah pekerjaan arsitektur yang berfungsi sebagai pemisah / pembatas antar ruang. Dinding merupakan bagian bangunan yang sangat penting bagi suatu konstruksi bangunan. Dinding membentuk dan melindungi seluruh isi bangunan baik dari segi konstruksi maupun dari segi artistik bangunan.

Jenis-jenis Dinding

- a. Dinding Batu Bata Merah
- b. Dinding Batu Bata Kapur
- c. Dinding Batako
- d. Dinding Bata Hebel atau Celcon
- e. Dinding Beton Precast

Estimasi Biaya Konstruksi

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

Biaya Konstruksi

Biaya konstruksi terdiri dari:

1. Modal tetap (*fixed capital*)

Biaya modal tetap dibagi menjadi:

- a. Biaya langsung (*direct cost*)
- b. Biaya tak langsung (*indirect cost*)

Biaya tidak langsung antara lain:

- Gaji dan tunjangan tim manajemen, engineers, inspector
- Kendaraan dan peralatan konstruksi, termasuk bahan dan suku cadang
- Keuntungan pelaksana, pajak, perijinan dan asuransi.

2. Modal kerja (*Working capital*)

Merupakan biaya yang diperlukan untuk proyek mulai beroperasi sampai proyek selesai.

Estimasi Biaya Rinci Pekerjaan Struktur Bangunan

Merupakan estimasi biaya yang didasarkan pada perhitungan rinci item pekerjaan struktur bawah maupun atas yang ada pada proyek dan menggunakan analisis harga satuan.

Harga Satuan Pekerjaan Struktur Bangunan

Harga satuan pekerjaan meliputi:

- a. Biaya bahan / material
- b. Biaya upah tenaga kerja
- c. Biaya peralatan
- d. Biaya lain-lain
 - Biaya subkontraktor
 - Biaya *overhead* proyek
 - Biaya *overhead* umum

Harga Pekerjaan Struktur Bangunan

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

HP : Vol x HSP.....

Dimana :

HP : harga pekerjaan

Vol : volume tiap pekerjaan

HSP : harga satuan pekerjaan

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Cibarusah yaitu Apartemen X, Cikarang. Penelitian dimulai dengan studi literatur baik melalui buku-buku pustaka, internet, maupun bahan-bahan lainnya yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan tambahan

pengetahuan, pengumpulan data-data, survey kondisi lapangan.

Waktu Penelitian

Penelitian berlangsung selama proses penyusunan data dan survey lapangan. Apabila ada kekurangan data yang terkait dilapangan maka akan mengecek ulang dan meninjau kondisi lapangan yang berarti akan menambah atau memperpanjang waktu penelitian ini.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang di lakukan disini ada dua, yaitu:

- a. Studi kepustakaan
- b. Studi lapangan

Bentuk Penelitian

Bentuk penelitian yang digunakan untuk penelitian ini adalah dengan menggunakan bentuk penelitian deskriptif dengan analisis data kualitatif. Bentuk deskriptif merupakan bentuk penelitian yang memusatkan perhatian pada masalah-masalah atau fenomena yang bersifat aktual pada saat penelitian dilakukan, kemudian menggambarkan fakta-fakta tentang masalah yang diselidiki sebagaimana adanya diiringi dengan interpretasi yang rasional dan akurat. (Nawawi, 2005: 64).

Tahap Persiapan

Dalam tahap persiapan ini, peneliti melakukan diantaranya: mengumpulkan data-data proyek, survey lapangan untuk mendapatkan gambaran umum kondisi lapangan, studi pustaka baik melalui buku-buku pustaka, internet, maupun bahan-bahan lainnya yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan tambahan

pengetahuan, pengumpulan data-data, survey kondisi lapangan.

Data Penelitian

a. Data Primer

Data primer adalah sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (dari lapangan) atau data pokok yang digunakan dalam melakukan analisa *Value Engineering*. Data primer berupa data yang dihasilkan melalui survey langsung dilapangan.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan masukan dan referensi dalam melakukan analisa *Value Engineering*. Data sekunder, diantaranya sebagai berikut: gambar *site* lokasi, denah bangunan, RKS, RAB, harga satuan.

Penerapan Rekayasa Nilai (Rencana Kerja)

Setelah data-data diperoleh dan dilakukan analisis rekayasa nilai untuk menghasilkan adanya suatu penghematan biaya atau *cost saving*. Dalam melakukan analisis rekayasa nilai dilakukan melalui empat tahapan, antara lain:

Tahap Informasi

Tahap informasi adalah tahap permulaan dalam menyusun rencana kerja *Value Engineering* yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan item-item pekerjaan yang akan di analisis, untuk memperoleh item kerja yang akan dilakukan *Value Engineering* dengan cara mendefinisikan fungsi item dalam proyek.

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

- a. Pengumpulan desain informasi
 - Gambar-gambar perencanaan

- Rencana Anggaran Biaya (RAB)
- Schedule kegiatan, dan lain-lain

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

b. Penentuan sasaran studi

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

- c. Pemilihan elemen dengan potensi penghematan optimum

Tahap Kreatif

Didalam *Value Engineering* sangat penting mengembangkan ide-ide untuk memunculkan alternatif-alternatif dari elemen yang masih memenuhi fungsi tersebut, kemudian disusun secara sistematis. Alternatif-alternatif tersebut dapat ditinjau dari berbagai aspek, antara lain:

- a. Desain perencanaan
- b. Bahan atau material
- c. Cara atau metode pelaksanaan pekerjaan
- d. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Tahap Analisis

Tujuan tahapan analisis ini adalah:

- a. Mengadakan evaluasi, mengajukan kritik dan menguji alternatif yang muncul selama tahapan pengembangan ide/spekulatif
- b. Memperkirakan nilai uang untuk setiap alternatif

- c. Menentukan alternatif yang akan memberikan kemampuan yang paling besar untuk penghematan biaya.

Alternatif yang timbul diformulasikan, kemudian melakukan eliminasi ide-ide yang kurang praktis dan menilai ide kreatifitas tersebut dari segi keuntungan dan kelemahannya dengan mencari potensi penghematan biaya untuk setiap ide yang dievaluasi.

Tahap Rekomendasi

Tahap rekomendasi merupakan tahap yang terakhir dari rencana kerja rekayasa nilai. Tahap ini bertujuan merekomendasikan mengusulkan alternatif terbaik yang dipilih sebagai pengganti desain aslinya.

Pembahasan Dan Analisis

Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan informasi yang akurat terhadap item pekerjaan apa yang akan dianalisis. Dari data yang didapat dari narasumber, maka perlu diolah dengan memilah item pekerjaan dengan batasan yang ditentukan yaitu 10 % terhadap biaya total pembangunan sebelum pajak (Ppn). Maka dilakukan beberapa teknik identifikasi.

Cost Model

Cost model dilakukan dengan membuat suatu tabel pekerjaan dikelompokkan menurut elemen pekerjaan masing-masing. Pada tabel tersebut juga dicantumkan rencana anggaran biaya tiap item pekerjaan. *Cost model* ini dibuat untuk memilih pekerjaan mana yang akan dilakukan *Value Engineering* dengan melihat tabel pekerjaan. Bisa terlihat perbedaan biaya tiap elemen

pekerjaan yang dijadikan sebagai pedoman dalam analisis *Value Engineering*.

Rincian Biaya (Cost Breakdown)

Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi pekerjaan yang akan dilakukan *Value Engineering* pada rincian biaya proyek pembangunan apartemen ini. Terlihat dari RAB di atas bahwa pekerjaan arsitektur mempunyai rencana biaya yang terbesar di banding pekerjaan lainnya.

Tabel 6. Rincian Anggaran Biaya Pekerjaan Arsitektur

No	Uraian	Jumlah(Rp)	%
1	Pek. Dinding & Finishing	15.350.436.708	13.18
2	Precast Façade	8.238.928.085	7.07
3	Pek. Pintu Jendela	9.993.175.794	8.58
4	Pek. Plafond	3.005.077.228	2.58
5	Pek. Lantai	6.406.050.635	5.5
6	Pek. Railing	1.442.449.592	1.25
7	Pek. Sanitary	1.784.385.965	1.53
8	Pek. Lai-lain	819.161.668	0.7
	Sub Total	47.054.916.262	
	Total Sebelum Ppn	116.500.000.000	

Keterangan:

No	Uraian	Total (Rp)
1	PEKERJAAN PERSIAPAN	14.838.803.345
2	PEKERJAAN STRUKTUR	45.208.397.501
3	PEKERJAAN ARSITEKTUR	47.054.916.262
4	PEKERJAAN PLUMBING	6.605.920.804

5	PEKERJAAN PROVISIONAL SUM	1.587.091.440
6	PEKERJAAN TAMBAH KURANG	1.204.870.646
	SUB TOTAL	116.500.000.000
	PPN 10 %	11.650.000.000
	TOTAL	128.150.000.000
	DIBULATKAN	128.150.000.000

- Presentase didapat dari jumlah uraian pekerjaan dibagi total keseluruhan biaya proyek sebelum ppn

Dari tabel diatas sudah terlihat item pekerjaan yang akan dilakukan proses *value engineering* tapi harus melihat lagi batasan yang diberikan oleh *owner* yaitu sebesar 10 % hal ini dimaksudkan supaya dalam melakukan proses *value engineering* mempunyai kriteria batasan pekerjaan mana sajakah yang bisa dilakukan proses tersebut, maka yang masuk kriteria atau yang akan dilakukan proses *value engineering* hanya pada pekerjaan dinding.

Tahap Kreatif

Setelah melakukan tahap informasi, pada tahap kreatif ini akan dimunculkan alternatif-alternatif desain / spek yang digunakan sebagai pembanding dari desain / spek eksisting untuk dimungkinkan adanya *reduksi* atau penghematan biaya yang dikeluarkan *owner* dalam pembangunan proyek apartemen ini. Karena item pekerjaan dinding sangat banyak maka hanya akan diambil pekerjaan yang dianggap mempunyai nilai yang signifikan atau nilai biaya yang mencolok yaitu pekerjaan bata ringan 100 mm, pekerjaan bata ringan 75 mm, pekerjaan plesteran, dan pekerjaan acian.

Pekerjaan Dinding Eksisting

Tabel 7. Daftar desain / spek pekerjaan dinding eksisting

No	Item Pek	Spek
1	Bata ringan 100 mm	Broco, Lightbrick, setara
2	Bata ringan 75 mm	Broco, Lightbrick, setara
3	Plesteran	Leichmix, S3, setara
4	Acian	Leichmix, S3, setara

Pekerjaan Dinding Alternatif 1

Tabel 8. Daftar desain / spek pekerjaan dinding alternatif 1

No	Item Pek	Spek
1	Bata ringan 100 mm	Thermoblock
2	Bata ringan 75 mm	Thermoblock
3	Plesteran	Thermobond (TB801A)
4	Acian	Thermobond (TB901A)

Pekerjaan Dinding Alternatif 2

Tabel 9. Daftar desain / spek pekerjaan dinding alternatif 2

No	Item Pek	Spek
1	Bata ringan 100 mm	Alpha
2	Bata ringan 75 mm	Alpha

3	Plesteran	DryMix
4	Acian	DryMix

Perhitungan Estimasi Biaya Pekerjaan Eksisting

No	Item Pek	Volume	Harga Sat	Total
1	Pek Dinding 100 mm	11.717,95	156.074	1.828.866.841
2	Pek Dinding 75 mm	27.201,64	117.316	3.191.187.707
3	Plesteran	74.459,53	47.886	3.565.569.098
4	Acian	74.459,53	21.534	1.603.411.539
Total				10.189.035.185

Perhitungan Estimasi Biaya Pekerjaan Alternatif 1

No	Item Pek	Volume	Harga Sat	Total
1	Pek Dinding 100 mm	11.717,95	133.589	1.565.388.806
2	Pek Dinding 75 mm	27.201,64	99.381	2.703.326.277
3	Plesteran	74.459,53	33.017	2.458.430.332
4	Acian	74.459,53	17.803	1.325.603.029
Total				8.052.748.444

Perhitungan Estimasi Biaya Pekerjaan Alternatif 2

No	Item Pek	Volume	Harga Sat	Total
1	Pek Dinding 100 mm	11.717,95	135.934	1.592.867.391
2	Pek Dinding 75 mm	27.201,64	101.194	2.752.642.852
3	Plesteran	74.459,53	33.11	2.465.355.069
4	Acian	74.459,53	17.775	1.323.518.162

Total	8.134.383.474
-------	---------------

Perbandingan Harga / Cost Eksisting dan alternatif

Item Kerja	Biaya / Cost	Penghematan
Dinding Eksisting	Rp.10.189.035.185	
Alternatif 1	Rp.8.052.748.444	Rp.2.136.286.741
Alternatif 2	Rp.8.134.383.474	Rp.2.054.651.711

Analisis Fungsi Pekerjaan Dinding

Dalam perhitungan analisa *value engineering* menggunakan metode *paired comparison*, dengan urutan yang digunakan sebagai berikut:

- Membuat tabel analisa fungsi
- Membuat list kriteria desain dari masing-masing alternatif
- Metode *paired comparison* mencari bobot

- Metode *paired comparison* mencari indeks
- Matrik evaluasi

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

Jadi, tabel analisa yang dibuat nantinya akan memberikan informasi mengenai perbandingan biaya saja antara pekerjaan desain *eksisting*, alternatif 1 dan alternatif 2. Tapi tidak mengindikasikan apakah desain tersebut sudah cukup pantas untuk diterima sebagai pengganti desain *eksisting* karena belum membandingkan dengan faktor kriteria lain.

Tabel 10. Analisis Fungsi Pekerjaan Dinding

No	Uraian	Kata Kerja	F.K. Benda	Jenis	Cost	Worth 1	Worth 2
1	P. Dinding	Membatasi	Ruang	Primer	10.189.035.185	8.052.748.444	8.134.383.474
		Melindungi	Penghuni	Primer			
		Memberikan	Privasi	Sekunder			
Total					10.189.035.185	8.052.748.444	8.134.383.474
<i>Cost / Worth</i>					1	1.27	1.25

Keterangan dari tabel diatas:

- Untuk kolom *cost* nilai didapat dari biaya pekerjaan dinding *eksisting*. Untuk kolom *worth 1* nilainya didapat dari biaya pekerjaan alternatif 1. Untuk kolom *worth 2* nilainya didapat dari biaya pekerjaan alternatif 2.
- Nilai *cost / worth* alternatif 1 (*worth 1*) = 1.27

- Nilai *cost / worth* alternatif 2 (*worth 2*) = 1.25
- Nilai *cost / worth* diatas berarti menunjukkan adanya penghematan, baik pada pekerjaan alternatif 1 maupun alternatif 2 karena nilainya lebih dari 1. Kemudian, tahap kedua sebelum melakukan analisa *value engineering* dengan menggunakan metode *paired comparison*

yaitu dengan membuat kriteria desain. Maksudnya disini adalah dengan membuat faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi terlaksananya sebuah desain proyek. Setiap alternatif desain yang dibuat haruslah memperhatikan berbagai faktor yang mempengaruhi secara positif maupun negatif. Sehingga nantinya alternatif desain yang terpilih adalah desain yang paling tepat dan sesuai untuk dilaksanakan.

Tabel 11. Kriteria desain alternatif 1 dan alternatif 2

Kriteria Desain	Alternatif 1	Alternatif 2
Harga Produk	Harga lebih murah Rp.510.000/m ³	Harga lebih mahal Rp.530.000/m ³
Berat Normal Produk	Lebih ringan 600 kg/m ³	Lebih berat 750 kg/m ³
Kekuatan Produk	Kekuatan tekan ≥ 4.0 (N/mm ²)	Kekuatan tekan ≥ 3.0 (N/mm ²)
Fire Resistance	Standar 2-4 jam	Standar 2-4 jam

Kriteria desain diatas juga nantinya akan digunakan di analisa fungsi sebagai bobot setelah dilakukan analisa dengan metode *paired comparison*. Kriteria desain yang dibuat diatas adalah faktor-faktor dari masing-masing alternatif desain yang mungkin akan menghambat ataupun meningkatkan kinerja dari alternatif desain tersebut. Faktor-faktor tersebut adalah harga produk, berat produk, kekuatan produk, *fire resistance*.

Selanjutnya setelah kriteria desain dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat bobot item kerja dengan metode *paired comparison* dan hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 12. Metode *paired comparison* bobot

	B	C	D	Skor	Prese ntase	Deskripsi
A	A ₂	A ₂	A ₂	6	50	A=Harga

	B	B ₂	B2	4	33	B=Berat
		C	C2	2	17	C= Kekuatan
				0	0	D=Fire Resistance
TOTAL				12	100	

Keterangan tabel:

- Terdapat empat kriterias desain A= Harga produk, B=Berat produk, C=Kekuatan produk, dan D=*Fire resistance* (ketahanan terhadap api) kemudian akan dibandingkan mana yang terbaik
- A lebih penting dibanding B dengan tingkat kepentingan moderat oleh karena itu ditulis A2
- A lebih penting dibanding C dengan tingkat kepentingan moderat oleh karena itu ditulis A2
- A lebih penting dibanding D dengan tingkat kepentingan moderat oleh karena itu ditulis A2
- B lebih penting dibanding C dengan tingkat kepentingan moderat oleh karena itu ditulis B2
- B lebih penting dibanding D dengan tingkat kepentingan moderat oleh karena itu ditulis B2
- C lebih penting dibanding D dengan tingkat kepentingan moderat oleh karena itu ditulis C2
- Skor 1 untuk *slight*
- Skor 2 untuk moderat
- Skor 3 untuk major
- Skor kemudian dijumlahkan. Pada tabel tertulis A memiliki skor A2, A2, dan A2 sehingga skornya 6. B memiliki skor B2, dan B2 sehingga memiliki skor 4. C memiliki skor C2 sehingga skornya 2. D tidak memiliki skor sehingga skornya 0.

- Skor tersebut kemudian dipresentasikan sehingga didapat A=50%, B=33%, C=17%, dan D=0%

Setelah seluruh item kerja memiliki bobot kerja, maka harus membuat indeks item kerja yang berisi perbandingan antara desain *eksisting*, alternatif 1 dan alternatif 2, sehingga nantinya akan diperoleh sebuah indeks angka dari masing-masing item kerja yang akan dikalikan dengan bobot item kerja. Untuk lebih jelasnya perhitungan indeks item kerja dari masing-masing desain dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Metode *paired comparison* indeks harga

	B	C	Skor	Presentase	Deskripsi
A	B2	A2	2	33	A= <i>Eksisting</i>
	B	B2	4	67	B=Alternatif 1
			0	0	C=Alternatif 2
				100	

Keterangan tabel:

- Skor kemudian dijumlahkan. Pada tabel tertulis A tidak memiliki skor sehingga skornya 0. B memiliki skor B2, dan B2 sehingga skornya 4. C memiliki skor C2 sehingga skornya 2.
- Skor tersebut kemudian dipresentasikan sehingga didapat A=0%, B=67%, C=33%
- Indeks harga produk *eksisting*: 0%
- Indeks harga produk alternatif 1: 67%
- Indeks harga produk alternatif 2: 33%

Tabel 14. Metode *paired comparison* indeks berat

	B	C	Skor	Presentase	Deskripsi
A	B2	A2	2	33	A= <i>Eksisting</i>
	B	B2	4	67	B=Alternatif 1

		0	0	C=Alternatif 2
			100	

Keterangan tabel:

- Skor kemudian dijumlahkan. Pada tabel tertulis A memiliki skor A2 sehingga skornya 2. B memiliki skor B2, dan B2 sehingga skornya 4. C tidak memiliki skor sehingga skornya 0.
- Skor tersebut kemudian dipresentasikan sehingga didapat A=33%, B=67%, C=0%
- Indeks berat produk *eksisting*: 33%
- Indeks berat produk alternatif 1: 67%
- Indeks berat produk alternatif 2: 0%

Tabel 15. Metode *paired comparison* indeks kuat tekan

	B	C	Skor	Presentase	Deskripsi
A	A2	A2	4	67	A= <i>Eksisting</i>
	B	B2	2	33	B=Alternatif 1
			0	0	C=Alternatif 2
				100	

Keterangan tabel:

- Skor kemudian dijumlahkan. Pada tabel tertulis A memiliki skor A2, dan A2 sehingga skornya 4. B memiliki skor B2 sehingga skornya 2. C tidak memiliki skor sehingga skornya 0.
- Skor tersebut kemudian dipresentasikan sehingga didapat A=67%, B=33%, C=0%
- Indeks kekuatan produk *eksisting*: 67%
- Indeks kekuatan produk alternatif 1: 33%
- Indeks kekuatan produk alternatif 2: 0%

Tabel 16. Metode *paired comparison* indeks *fire resistance*

	B	C	Skor	Presen tase	Deskripsi
A	A2	A2	4	67	A= <i>Eksisting</i>
	B	B2	2	33	B=Alternatif 1
			0	0	C=Alternatif 2
				100	

Keterangan tabel:

- Skor kemudian dijumlahkan. Pada tabel tertulis A memiliki skor A2, dan A2 sehingga skornya 4. B memiliki skor B2 sehingga skornya 2. C tidak memiliki skor sehingga skornya 0.
- Skor tersebut kemudian dipresentasikan sehingga didapat A=67%, B=33%, C=0%
- Indeks *fire resistance* produk *eksisting*: 67%
- Indeks *fire resistance* produk alternatif 1: 33%
- Indeks *fire resistance* produk alternatif 2: 0%

Setelah membuat *paired comparison* untuk indeks dan bobot, maka langkah selanjutnya adalah dengan memasukan kedua indeks tersebut ke dalam matriks evaluasi, yaitu sebagai berikut:

Tabel 17. Matriks analisis fungsi

No	Fungsi	Kriteria				Total
		Harga	Berat	Kekuatan	<i>Fire. R</i>	
	Bobot	50	33	17	0	
1	Indeks <i>Eksisting</i>	0	33	67	67	
	Indeks x Bobot	0	11	11	0	22

2	Indeks Alternatif 1	67	67	33	33	
	Indeks x Bobot	33	22	6	0	61
3	Indeks Alternatif 2	33	0	0	0	
	Indeks x Bobot	17	0	0	0	17
Total						100

Keterangan tabel:

- Terdapat 4 item kerja yang masing-masing memiliki bobot kerja yaitu Harga produk (50%), Berat produk (33%), Kekuatan produk (17%), *Fire resistance* (0%)
- Pemberian nilai pada bobot berdasarkan kepentingan kriteria melalui analisa dengan metode *paired comparison*
- Dari masing-masing item kerja dilakukan pengalihan antara indeks dengan bobot kerjanya
- Total hasil adalah jumlah dari (indeks x bobot), dan dengan hasil terbesar yaitu diangka 61% yang berada pada pekerjaan alternatif 1. Serta hasil dari inilah yang akan digunakan sebagai pengganti dari desain *eksisting* yang mempertimbangkan kriteria harga produk, berat produk, kekuatan produk, dan *Fire resistance* .

Tahap Rekomendasi

1. Desain / spek *eksisting*

Pada desain / spek awal yang digunakan dalam proyek apartemen ini adalah sebagai berikut:

Tabel 18. Daftar desain / spek pekerjaan dinding *eksisting*

No	Item Pek	Spek
1	Bata ringan 100 mm	Broco, Lightbrick, setara
2	Bata ringan 75 mm	Broco, Lightbrick, setara
3	Plesteran	Leichmix, S3, setara
4	Acian	Leichmix, S3, setara

2. Usulan alternaif spek

Setelah melakukan proses analisa *value engineering* matriks analisa fungsi terlihat pada pekerjaan alternatif 1, dari hasil perkalian indeks dengan bobot kemudian dijumlahkan hasilnya adalah angka 61% dan angka inilah sebagai patokan dalam menentukan alternatif 1 sebagai pengganti desain *eksisting* karena sudah mempertimbangkan semua aspek, maka dengan alternatif 1 untuk menggantikan desain atau spek *eksisting* yang adalah sebagai berikut:

Tabel 19. Daftar desain / spek pekerjaan dinding alternatif 1 (yang diusulkan)

No	Item Pek	Spek
1	Bata ringan 100 mm	Thermoblock
2	Bata ringan 75 mm	Thermoblock
3	Plesteran	Thermobond (TB801A)
4	Acian	Thermobond (TB901A)

3. Dasar pertimbangan penggunaan desain / spek perhitungan alternatif

Terlihat bahwa dalam menggunakan pekerjaan dinding alternatif 1 karena harga yang lebih rendah yaitu selisih Rp. 81.635.030 dari pekerjaan dinding alternatif 2 (nilai penghematan alternatif 1 - nilai penghematan alternatif 2 = Rp.2.136.286.741 - Rp.2.054.651.711= Rp.81.635.030). Serta setelah dilakukan matriks analisa fungsi memperlihatkan kelebihan pada pekerjaan dinding alternatif 1 sebesar 61%.

Kesimpulan

Dengan meninjau desain / spek pekerjaan dinding *eksisting* kemudian dibandingkan dengan pekerjaan dinding alternatif 1 dan alternatif 2, maka di dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pekerjaan dinding merupakan paket pekerjaan dengan biaya tinggi di banding pekerjaan precast façade, pekerjaan pintu & jendela, pekerjaan plafond, pekerjaan lantai, pekerjaan railing, pekerjaan sanitair.
2. Biaya pekerjaan dinding *eksisting* (pekerjaan pasangan bata 100 mm, pekerjaan pasangan bata 75 mm, pekerjaan plesteran, pekerjaan acian) adalah sebesar Rp. 10.189.035.186. Penerapan *value engineering* alternatif 1 di dapatkan biaya Rp. 8.052.748.444 atau ada penghematan sebesar Rp. 2.136.286.741 (20,97%).
3. Penerapan *value engineering* alternatif 2 di dapatkan biaya Rp. 8.134.383.474 atau ada penghematan sebesar Rp. 2.054.651.711 (20,17%).
4. Penurunan biaya dari masing-masing alternatif lebih dari 20%

Daftar Pustaka

- Asiyanto, Ir. MBA. IPM. 2005. *Manajemen Produksi untuk Jasa Konstruksi*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Berawi, Ali, Muhammed. Ph.D. 2015. *Rekayasa Inovasi Mega Proyek Infrastruktur (Studi Kasus Jembatan Selat Sunda)*. Jakarta : UI-Press
- Donomartono, 1999. *Aplikasi Value Engineering Guna Mengoptimalkan Biaya Pada Tahap Perencanaan Konstruksi Gedung Dengan Struktur Balok Beton Pratekan*
- Ervianto, I, Wulfram. 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta : CV. Andi Offset
- Husen, Abrar. Ir.MT. 2010. *Manajemen Proyek (Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek)*. Yogyakarta : CV. Andi Offset
- Pontoh, Monica, Magdalena. 2013. *Aplikasi Rekayasa Nilai Pada Proyek Konstruksi Perumahan (Studi Kasus Perumahan Taman Sari Metropolitan)*, Manado
- Rumintang, Anna. 2008. *Analisa Rekayasa Nilai Pekerjaan Struktur Gedung Teknik Informatika UPN "Veteran"*, Jawa Timur.
- Sukma, Bima. 2011. *Aplikasi Value Engineering Dengan Metode "Paired Comparison" Pada Struktur Pelat Beton (Studi Kasus Gedung "X" Empat Lantai)*. Jakarta.

