

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENDAHULUAN

Dewasa ini konsumen telah menyadari bahwa untuk memperoleh nilai yang baik atas uang yang dikeluarkan, perlu melakukan penyelidikan atau pencarian nilai atas produk, bagi produsen, untuk dapat terus bersaing harus memasarkan produk yang memberikan nilai yang baik bagi konsumen dan perusahaan.

Keuntungan yang didapat sangat tergantung pada kemampuan produsen untuk membuat produk berkualitas dengan biaya rendah, menawarkan harga yang kompetitif dan siap untuk dipasarkan. Jika sasaran ini dapat diraih, maka akan didapatkan pula nilai yang baik dari ketersediaan sumber daya manusia, uang, bahan dan peralatan serta memberikan nilai yang baik untuk konsumen. Hal ini membuktikan bahwa keuntungan sangat berhubungan dan tidak dapat dipisahkan dengan nilai. Jika produsen tidak dapat menjual produk atau jasa akibat harga jual yang terlalu tinggi, maka produsen memberikan nilai yang tidak baik pada pelanggan dan produsen sendiri. Tetapi jika harga jual ditekan untuk memberikan nilai yang baik bagi konsumen, maka keuntungan akan menjadi terlalu rendah, sehingga memberikan nilai yang tidak baik pada perusahaan. Produsen harus merancang, mengembangkan, memproduksi dan memasarkan dengan biaya tertentu dan menambahkan keuntungan yang diharapkan pada harga jual, agar harga jual kompetitif. Produsen harus selalu siap untuk menjaga nilai yang baik, artinya produsen harus selalu menilai rancangannya dari aspek fungsi, bahan baku dan produktifitas (Crum, 1971).

Value Engineering secara umum adalah kegiatan yang menyangkut usaha optimalisasi kualitas ataupun kuantitas penggunaan material dalam kegiatan proyek konstruksi. Dengan kata lain, *Value Engineering* adalah suatu usaha agar tujuan proyek konstruksi dapat diwujudkan dengan biaya yang paling murah, metode pelaksanaan yang mudah, dan dalam waktu yang singkat.

Kajian *Value Engineering* dapat dilakukan oleh perencana bersama pelaksana pekerjaan untuk meneliti peluang penghematan biaya tanpa mengurangi kinerja konstruksi keseluruhan, yang tentunya akan menguntungkan semua pihak yang terlibat.

2.2 SEJARAH VALUE ENGINEERING

Value Engineering (VE) berasal dari hasil usaha Larry Miles dan Harry Erlicher. Mereka dianggap sebagai bapak dari VE. Sebagai insinyur di *General Electric* (GE) pada Perang Dunia II (1943), mereka ditugasi memperoleh material untuk memproduksi peralatan untuk kepentingan militer yang sukar didapatnya dengan cara-cara tradisional. Kemudian mereka memulai membuat spesifikasi tentang fungsi dan kriteria dari material yang dibutuhkan. Dengan mekanisme berdasarkan fungsi ini dapat diperoleh suku cadang yang dibutuhkan. Ternyata penggantian-penggantian ini juga sering mengurangi biaya-biaya dan atau meningkatkan produk. Mereka menyebutnya sebagai "*Value Analysis*" yang kemudian setelah meluas pemanfaatannya dikenal sebagai *Value Engineering*.

Proses ini makin diperbaiki oleh Miles beserta grup yang kemudian dibentuk oleh GE. Sejak 1950, banyak dipakai oleh banyak perusahaan dan beberapa institusi pemerintah. Perbaikan yang berkesinambungan berdasarkan pengalaman yang didapat menjadi bagian integral dari *Value Engineering*. *Value Engineering* atau juga dikenal sebagai *Value Methodology*, adalah cara sistematis untuk meningkatkan nilai suatu produk-produk atau jasa dan suatu kegiatan pekerjaan. Dengan mencermati fungsi dan produk atau jasa tersebut. *Value/* nilai suatu produk adalah perbandingan dan Fungsi terhadap Biaya (Cost).

2.3 PENGERTIAN

2.3.1 Value Engineering

Definisi *Value Engineering* dari *Society of American Value Engineers* diartikan secara bebas sebagai berikut:

Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) adalah usaha yang terorganisasi secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu

teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis).

Dengan kata lain *Value Engineering* bermaksud memberikan suatu yang optimal bagi sejumlah uang yang dikeluarkan, dengan memakai teknik yang sistematis untuk menganalisis dan mengendalikan total biaya produk. *Value Engineering* akan membedakan dan memisahkan antara yang diperlukan dan yang tidak diperlukan, dimana dikembangkan alternatif yang memenuhi keperluan (dan meninggalkan yang tidak perlu) dengan biaya yang terendah.

Pengertian kunci dari definisi diatas adalah sebagai berikut :

- a. *Usaha yang Terorganisir. Value Engineering* menggunakan pendekatan tim yang terorganisir. Tim ini terdiri dari mereka yang mewakili disiplin ilmu yang diperlukan untuk memformulasikan persoalan secara tuntas dan mampu membuahakan suatu usulan penggunaan biaya yang paling efektif
- b. *Biaya yang Terendah dengan Kinerja yang Sama.* Ini adalah tujuan utama dari Rekayasa Nilai (*Value Engineering*), karena bila prosesnya dilakukan tidak benar, misalnya dengan mengurangi harga yang berdampak turunya kualitas dan realibilitas, maka hal demikian bukan maksud dan tujuan *Value Engineering*. Harus dimengerti sungguh-sungguh bahwa yang diusahakan diturunkan adalah hanyalah harga dari produk dan bukan mutu atau kinerja yang bersangkutan.
- c. *Melakukan Analisis untuk Mencapai Fungsi yang Diinginkan.* *Value Engineering* melakukan usaha-usaha yang sistematis dan metodologis guna mengidentifikasi fungsi yang dapat memenuhi keinginan. Ini berupa langkah-langkah yang berurutan dalam menganalisis persoalan dengan cara yang kreatif dan berdasarkan efektifitas biaya, namun tetap berpegang pada terpenuhinya fungsi produk atau sistem. Jadi disini melibatkan disiplin *engineering* pada aspek pemasaran.
- d. *Karakteristik yang penting.* Dalam rangka memenuhi fungsi pokok produk, perlu diperhatikan pula karakteristik yang penting, seperti reabilitas dan masalah-masalah pemeliharaan produk.

Miles (1959) dalam Barrie dan Poulson (1984) mengatakan *Value Engineering/* Rekayasa Nilai adalah suatu pendekatan yang bersifat kreatif dan sistematis dengan tujuan mengurangi atau menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan.

Menurut Zimmerman dan Hart dalam Hutabarat (1995) *Value Engineering* adalah suatu teknik manajemen yang menggunakan pendekatan sistematis untuk mencapai keseimbangan fungsional terbaik antara biaya, keandalan dan penampilan dari suatu sistem atau proyek.

Heller (1971) dalam Hutabarat (1995) juga menerangkan bahwa *Value Engineering* merupakan penerapan sistematis dari sejumlah teknik untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi suatu benda dan jasa dengan memberi nilai terhadap masing-masing fungsi yang ada serta mengembangkan sejumlah alternatif yang memungkinkan tercapainya fungsi tersebut dengan biaya total minimum.

Zimmerman dan Hart dalam Donomartono (1999) *Value Engineering* adalah “*a value study on a project or product that is being developed. It analyzes the cost of the project as it is being designed*”. Jadi *Value Engineering* adalah suatu metode evaluasi yang menganalisa teknik dan nilai dari suatu proyek atau produk yang melibatkan pemilik, perencana dan para ahli yang berpengalaman dibidangnya masing-masing dengan pendekatan sistematis dan kreatif yang bertujuan untuk menghasilkan mutu yang tetap dengan biaya serendah-rendahnya, yaitu dengan batasan fungsional dan tahapan rencana tugas yang dapat mengidentifikasi dan menghilangkan biaya serta usaha yang tidak diperlukan/ tidak mendukung.

Value Engineering/ Rekayasa Nilai adalah salah satu teknik untuk mengendalikan biaya yang memiliki potensi keberhasilan cukup besar, dengan menggunakan pendekatan analisa nilai terhadap fungsinya. Dilakukan dengan cara menekankan pengurangan biaya sejauh mungkin dengan tetap mempertahankan tingkat kualitas dan ketahanan sesuai yang diharapkan (Soeharto, 2001).

Ir.HR. Mulyanto Dipl.HE dalam *Modelling Contractor's and Subcontractor's* (2009) *Value Engineering* merupakan suatu cara sistematis untuk meningkatkan nilai suatu produk atau jasa dengan meneliti fungsi dari

produk atau jasa tersebut untuk mencapai efisiensi maksimum dari dana dan daya yang diinvestasikan. Nilai/ *Value* adalah rasio dari fungsi terhadap biaya. Nilai dapat ditingkatkan dengan meningkatkan fungsi suatu produk atau jasa, atau mengurangi biaya yang dikeluarkan, tanpa menurunkan kualitas.

Ada anggapan bahwa studi *Value Engineering* hanya untuk mengkritik proyek yang akan didesain atau yang sudah didesain. *Value Engineering* bukanlah suatu :

1. Revisi desain yang diperlukan untuk mengoreksi kesalahan-kesalahan yang dibuat oleh perencana, maupun mengoreksi perhitungan.
2. Suatu proses untuk membuat sesuatu menjadi murah ataupun pemotongan harga dengan mengurangi penampilan.
3. Kontrol terhadap kualitas ataupun pemeriksaan ulang dari perencanaan proyek atau produk.

2.3.2 Pengertian Nilai (*Value*)

Arti nilai (*Value*) sulit dibedakan dengan biaya (*cost*) atau harga (*Price*). Nilai mengandung anti subyektif apalagi bila dihubungkan dengan moral, estetika, sosial, ekonomi, dan lain-lain. Dalam Pembahasan *Value Engineering*, nilai hanya dikaitkan dengan ekonomi. Pengertian nilai dibedakan dengan biaya karena hal-hal sebagai berikut :

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

2.3.3 Pengertian Biaya (*Cost*)

Menurut Iman soeharto (1995) Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi, dan mengaplikasikan Produk. Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, *reliabilitas*, dan *maintainability* karena ini akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai. Biaya pengembangan merupakan komponen yang cukup besar dari total biaya, sedangkan

perhatian terhadap biaya Produksi amat diperlukan karena sering mengandung sejumlah biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*).

Tabel 2.1. Komponen-komponen total biaya.

Komponen	(%)
Material.....	30,0
Tenaga kerja.....	25,0
<i>Testing</i> dan inspeksi.....	4,0
<i>Engineering</i> dan kepenyeliaan.....	6,0
<i>Overhead</i>	30,0
Laba.....	5,0
	100

(Sumber : Manajemen Proyek jilid 2, Iman Soeharto :1995)

Biaya terbesar (yang sering mengandung biaya tidak perlu) antara lain biaya :

a. Material

Jenis material tergantung dari macam usaha, dapat berupa baja, besi, logam lain. Termasuk dalam klasifikasi ini adalah instrumen atau bagian bagian lain yang siap pakai

b. Tenaga kerja

Jumlah biaya untuk tenaga kerja biasanya cukup besar, yaitu terdiri dari satuan unit dikali jam-orang terpakai.

c. *Overhead*

Overhead dapat terdiri dari bermacam-macam elemen, seperti pembebanan bagi operasi perusahaan (pemasaran, kompensasi pimpinan, sewa kantor, dan lain-lain). Termasuk juga dalam klasifikasi ini adalah pajak, asuransi administrasi, dan lain-lain.

2.3.4 Fungsi

Menurut Crum (1971), Fungsi adalah apa saja yang dapat diberikan atau dilakukan oleh suatu produk yang dapat digunakan untuk bekerja. Fungsi tak perlu adalah apa saja yang diberikan dan tidak mempunyai nilai kegunaan, nilai tambah, nilai tukar atau nilai estetika.

L. Miles menerangkan kategori fungsi sebagai berikut.

- Fungsi dasar, yaitu alasan pokok sistem itu terwujud. Contohnya konstruksi pondasi, fungsi pokoknya menyalurkan beban bangunan kepada tanah dasar, hal tersebut yang mendorong pembuatan konstruksi pondasi. Sifat-sifat fungsi dasar adalah sekali ditentukan tidak dapat diubah lagi. Bila fungsi dasarnya telah hilang, maka hilang pula nilai jual yang melekat pada fungsi tersebut.
- Fungsi sekunder, adalah kegunaan tidak langsung untuk memenuhi dan melengkapi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya. Fungsi sekunder seringkali dapat menimbulkan hal-hal yang kurang menguntungkan. Misalnya struktur pondasi *Basement* dapat digunakan sebagai ruang parkir atau penggunaan lainnya, tetapi dapat mengakibatkan terjadinya perubahan muka air tanah. Jika fungsi sekunder dihilangkan, tidak akan mengganggu kemampuan dari fungsi utama.
- Fungsi tak perlu adalah apa saja yang diberikan dan tidak mempunyai nilai kegunaan, nilai tambah, nilai tukar atau nilai estetika.

Fungsi suatu benda dapat juga diidentifikasi dengan menggunakan kata kerja dan kata benda. seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.2. Identifikasi Fungsi

Nama benda	Fungsi	
	Kata kerja	Kata benda
Truk	Mengangkut	Barang
Genteng	Menahan	Air, Sinar matahari
Cangkul	Menggali	Tanah

(Sumber : Manajemen Proyek jilid 2, Iman Soeharto :1995)

Adapun hubungan antara nilai, biaya, dan fungsi dijabarkan dengan memakai rumus-rumus berikut :

a. Bagi produsen : $Nilai = \frac{Fungsi}{Biaya}$

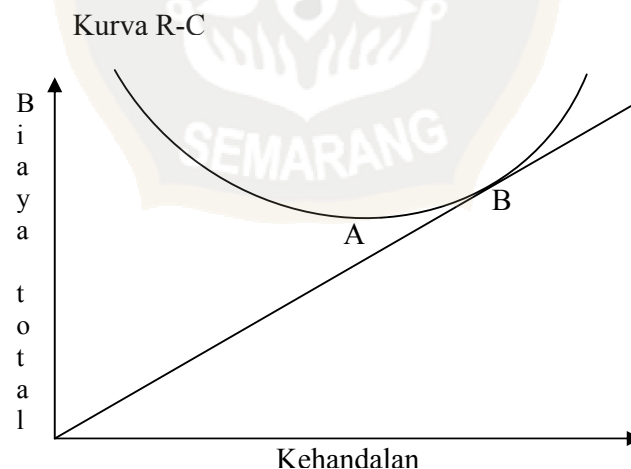
b. Bagi konsumen : $Nilai = \frac{Faedah}{Biaya}$

Dari rumus diatas maka nilai dapat ditingkatkan dengan cara sebagai berikut :

- a. Meningkatkan/ memperbaiki fungsi atau faedah dengan tidak menambah biaya dari produk/ jasa.
- b. Mengurangi biaya dengan mempertahankan fungsi atau faedah/ memperkecil biaya untuk memproduksinya.
- c. Kombinasi dari keduanya.

Hubungan antara nilai, kualitas dan kehandalan. Pengurangan biaya asli tidak boleh mengakibatkan terjadinya penurunan tingkat mutu dan kehandalan produk. Mutu dan kehandalan yang terlalu tinggi di luar kebutuhan konsumen sama dengan pemborosan biaya produksi dan penggunaan material yang berlebihan. Tetapi biaya terendah bukan berarti nilai terbaik, karena pada suatu keadaan, biaya terendah bahkan menunjukkan nilai yang terburuk.

Pada perbandingan kehandalan dan biaya, maka nilai yang terbaik dan kehandalan (per satuan unit biaya) tidak terletak pada titik biaya terendah (titik A) tetapi terletak pada titik biaya optimal (titik B).



Gambar 2.1 Grafik hubungan biaya dan nilai kehandalan

(Sumber : *Value Engineering, The Organized Search for Value*. L.W Crum)

Prinsip utama dari *Value Engineering* yang harus diperhatikan dalam meningkatkan *Value* adalah kualitas produk atau jasa tidak boleh diturunkan untuk mencapainya.

2.3.5 Faktor-faktor penggunaan *Value Engineering* (Tugino, 2004):

1. Tersedianya data-data perencanaan.
Data-data perencanaan di sini adalah data-data yang berhubungan langsung dengan proses perencanaan sebuah bangunan yang dibangun dan akan diadakan *Value Engineering*.
2. Biaya awal (*Initial Cost*).
Biaya awal disini adalah biaya yang dikeluarkan mulai awal pembangunan sampai pembangunan tersebut selesai.
3. Persyaratan operasional dan perawatan.
Dalam suatu *Value Engineering* juga harus mempertimbangkan nilai operasional dan perawatan dalam alternatif-alternatif yang disampaikan melalui analisis *Value Engineering* dengan jangka waktu tertentu.
4. Ketersediaan material
Ketersediaan material disini adalah material yang digunakan sebagai alternatif-alternatif dalam analisis *Value Engineering* suatu pembangunan atau pekerjaan tiap item pekerjaan harus mempunyai kemudahan dalam mencarinya dan tersedia dalam jumlah yang cukup di daerah proyek.
5. Penyesuaian terhadap standar
Penyesuaian yang dimaksud di sini adalah semua alternatif-alternatif yang digunakan harus mempunyai standar dalam pembangunan baik akurasi dimensi, persisinya, maupun kualitasnya.
6. Dampak terhadap pengguna
Dampak terhadap penggunaan di dalam *Value Engineering* suatu bangunan harus mempunyai dampak positif kepada pengguna dari segi keamanan maupun kenyamanan.

2.3.6 Karakteristik *Value Engineering* (Hutabarat,1995):

1. Berorientasi pada fungsi
Dalam *Value Engineering* mengidentifikasi fungsi komponen yang dibutuhkan.
2. Berorientasi pada sistem (sistematik)
Dalam mengidentifikasi seluruh dimensi permasalahan (proses dan biaya) saling melihat keterkaitan antara komponen-komponennya dan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu.

3. Multi disiplin ilmu
Melibatkan berbagai disiplin keahlian karena semua dibahas di dalam *Value Engineering* yaitu *Value Engineering* itu sendiri.
4. Berorientasi pada siklus hidup produk
Melakukan analisis terhadap biaya total untuk memiliki dan mengoperasikan fasilitas selama siklus hidupnya. Jika siklus hidup pendek maka perlu mempertimbangkan apakah investasi yang dilakukan akan menghasilkan keuntungan.
5. Pola pikir kreatif
Proses perancangan harus dapat mengidentifikasi alternatif-alternatif pemecahan masalah sehingga akan banyak pilihan.

2.4 Tahapan-tahapan dalam *Value Engineering* suatu item pekerjaan

Menurut Hutabarat (1995) Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan analisis *Value Engineering* ada 5 tahap, yaitu :

1. Tahap Informasi.
2. Tahap Kreatif.
3. Tahap Analisis.
4. Tahap Pengembangan.
5. Tahap Rekomendasi.

Untuk lebih jelasnya, tahap-tahap tersebut akan diuraikan sebagai berikut :

2.4.1 Tahap informasi

Tahap informasi adalah tahap mengumpulkan sebanyak mungkin data mengenai proyek. Proses di mana mencari informasi mengenai pekerjaan tiap komponen, sedangkan dalam penelitian ini menggunakan komponen pelat yang akan dilakukan *Value Engineering*.

Menurut Dell'Isola (1982) pada saat pengumpulan informasi beberapa pertanyaan perlu mendapat jawaban seperti:

- a. Apakah ini?
- b. Apa yang dikerjakannya?
- c. Apa yang harus dikerjakannya?
- d. Berapa biayanya?
- e. Berapakah nilainya?

Harapannya adalah untuk mendapatkan nilai dasar dan mendapatkan lingkup bagian yang akan dikaji secara lebih rinci pertanyaan diatas dapat memberikan alur sebagai berikut:

- a. Apakah ini?, akan membawa fitrah dan nature dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- b. Apa yang dikerjakannya?, akan membawa peran dan atau fungsi pada umumnya dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- c. Apa yang harus dikerjakannya?, akan membawa pada fungsi primer dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- d. Berapa biayanya?, akan membawa biaya produksi dan pelaksanaan beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- e. Berapakah nilainya?, apakah akan membawa kepada penghargaan atas manfaat yang didapat dari proyek bagian-bagian dan komponen-komponennya oleh klien atau dalam hal ini pemilik proyek.

Informasi umum suatu proyek menurut Donomartono (1999) dapat berupa :

- Kriteria desain teknis.
- Kondisi lapangan (topografi, kondisi tanah, daerah sekitar, gambar sekitar).
- Kebutuhan-kebutuhan regular.
- Unsur-unsur desain (komponen konstruksi dan bagian-bagian dari proses).
- Riwayat proyek.
- Batasan yang dipakai untuk proyek.
- Utility yang tersedia.
- Perhitungan desain.
- Partisipasi publik.

Teknik-teknik yang dapat dipergunakan pada tahap informasi yaitu, *breakdown*, *cost model*, dan analisis fungsi. Teknik-teknik tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

1) *Cost Model*

Dell'Isola (1974) mengatakan *cost model* adalah suatu model yang digunakan untuk menggambarkan distribusi biaya total suatu proyek. Penggambarannya dapat berupa suatu bagan yang disusun dari atas ke bawah. Bagian atas adalah jumlah biaya elemen bangunan dan dibawahnya merupakan susunan biaya item pekerjaan dari elemen bangunan tersebut. Dengan *cost model* dapat diketahui biaya total proyek secara keseluruhan dan dapat dilihat perbedaan biaya tiap elemen bangunan. Perbedaan biaya tiap elemen bangunan tersebut dapat dijadikan pedoman dalam menentukan item pekerjaan mana yang akan dianalisis VE.

2) *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 *Value Engineering*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel. 2.3 *Breakdown*

Item Pekerjaan	Biaya
1. Pekerjaan A	Rp
2. Pekerjaan B	Rp.....
3. Pekerjaan C	Rp.....
4. Pekerjaan D	Rp.....
5. Pekerjaan E	Rp.....
6. Pekerjaan F	<u>Rp.....</u>
Total Biaya	Rp M
total proyek keseluruhan	Rp N
Persentase	= Rp M / Rp N = ...%

Sumber : Dell'Isola (1974)

Tabel 2.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 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 pekerjaan yang lainnya.

- Untuk mengetahui item pekerjaan tersebut potensial untuk dilakukan VE adalah dengan membandingkan jumlah item pekerjaan tersebut dengan biaya total proyek. Bila memiliki prosentase besar, maka potensial dilakukan VE.
- Setelah diidentifikasi, selanjutnya dipilih salah satu item pekerjaan A-F yang memiliki potensial untuk dilakukan analisis VE. Selain memiliki biaya yang besar, dalam memilih item pekerjaan dapat ditinjau dari segi bahan dan desain yang dapat memunculkan berbagai macam alternatif pengganti.

3) Analisis Fungsi

Menurut Hutabarat (1995) fungsi adalah kegunaan atau manfaat yang diberikan produk kepada pemakai untuk memenuhi suatu atau sekumpulan kebutuhan tertentu. Analisis fungsi merupakan suatu pendekatan untuk mendapatkan suatu nilai tertentu, dalam hal ini fungsi merupakan karakteristik produk atau proyek yang membuat produk atau proyek dapat bekerja atau dijual.

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 bertujuan untuk :

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

Analisis fungsi dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel. 2.4 Tabel Analisis Fungsi

NO	KOMPONEN	FUNGSI			WORTH (Rp)	COST (Rp)
		VERB	NOUN	KIND		
1	A	menahan	beban	P	Rp.....	Rp.....
2	B	meneruskan	beban	S	N/A	Rp.....
Jumlah					ΣRp W	ΣRp C

Nilai $cost / worth = \Sigma Rp C / \Sigma Rp W$

Dari tabel 2.2 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- A, 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 fungsi kata kerja pada komponen. Untuk *noun* merupakan identifikasi fungsi 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, sedangkan pada *worth* diisi biaya hanya pada komponen yang memiliki fungsi primer.
- Nilai *cost/worth* menunjukkan bahwa komponen memiliki efisiensi dalam item pekerjaan tersebut.

2.4.2 Tahap kreatif

Tahap kreatif adalah suatu tahap di mana muncul alternatif-alternatif yang digunakan dalam melakukan analisis *Value Engineering* pada komponen pembangunan tersebut yaitu komponen pelat. Alternatif tersebut dapat dikaji dari segi bahan, dimensi, waktu pelaksanaan, biaya pelaksanaan dan lain-lain. Pada tahap ini juga dituliskan alasan dilakukan *Value Engineering* pada tiap elemen dan kelebihan, kekurangan setiap alternatif yang dimunculkan.

2.4.3 Tahap analisis

Tahap analisis adalah tahap di mana melakukan analisis terhadap alternatif-alternatif yang dipakai dalam item pekerjaan baik dari segi analisis perhitungan kontruksi maupun perhitungan biaya pekerjaan. Dalam tahap

analisis ini akan dapat diketahui alternatif terbaik yang dapat dipakai/digunakan dalam item pekerjaan bangunan tersebut.

Langkah-langkah dalam tahap analisis ini adalah

- a) Mencari kriteria pada setiap komponen yang akan di *value Engineering*. Kriteria di dapat dari Donomartono (1999), disebutkan kriteria pada pekerjaan struktur yaitu pengaruh terhadap bangunan sekitar, biaya pelaksanaan, waktu tunggu, efisiensi daya dukung, kecepatan pelaksanaan, ketersediaan material dan jumlah tenaga kerja. Pada pekerjaan komponen pelat menggunakan 9 kriteria yaitu : Kemudahan Pelaksanaan, Waktu pelaksanaan, Waktu pemesanan, Kekuatan dan Mutu material, Biaya awal, Biaya pemeliharaan, Teknologi, Sarana Kerja dan Tenaga kerja, Pabrikasi. Pengambilan kriteria tersebut didasarkan karena sesuai dengan komponen yang akan di *value Engineering*.
- b) Mencari nilai rasio *cost/worth* pada setiap komponen yang akan di *value Engineering*. *Cost* adalah biaya awal yang dikeluarkan setiap komponen pekerjaan yang akan dilakukan *Value Engineering* baik yang fungsi primer maupun sekunder. *Worth* adalah biaya yang muncul setelah dilakukan *Value Engineering* baik yang mempunyai fungsi primer maupun sekunder. Sedangkan nilai rasio *cost/worth* adalah nilai rasio penghematan setelah dilakukan *Value Engineering* pada setiap komponen pekerjaan. Apabila nilai *cost/wort* >1 artinya terjadi penghematan pada komponen tersebut, sedangkan nilai *cost/wort* < 1 artinya tidak terjadi penghematan pada komponen tersebut. Dapat dilihat pada Tabel 2.5 di bawah ini:

Tabel. 2.5 Analisis Fungsi Komponen Pembangunan dan Nilai *Cost* dan *Worth*

NO	KOMPONEN	FUNGSI			WORTH (Rp)	COST (Rp)
		VERB	NOUN	KIND		
Jumlah						

Pada Tabel 2.6 diatas dapat dijelaskan bahwa pada tabel tersebut terdapat kolom komponen, dimana komponen tersebut adalah

komponen/bagian dari item pekerjaan yang akan di *Value Engineering* yaitu pekerjaan komponen pelat. Pada tabel tersebut juga terdapat kolom fungsi *verb*, *noun* dan *kind* yang mempunyai fungsi masing-masing. Kolom *verb* berisi fungsi kerja dari komponen tersebut, begitu juga dengan kolom *noun* yang berisi bentuk fungsi dari komponen tersebut. Sedangkan pada kolom fungsi *kind* berisi fungsi tersebut fungsi primer (pokok) atau sekunder. Kolom *cost* berisi biaya awal yang dikeluarkan pada setiap komponen pada pekerjaan yang akan di *value Engineering*, sedangkan *worth* adalah biaya yang dikeluarkan setelah dilakukan *Value Engineering*.

- c) Mencari bobot setiap kriteria-kriteria yang muncul dengan menggunakan metode perankingan. Dapat dilihat pada Tabel 2.6 di bawah ini :

Tabel 2.6 Pembobotan Kriteria dengan Metode perankingan

Kriteria	No	Responden			Total	Ranking	Bobot
		1	2	3			
	1						
	2						
	3						

Pada Tabel 2.6 dapat dijelaskan dengan menggunakan metode perankingan dapat menentukan rangking dari setiap kriteria yang telah ditetapkan. Rangking didapat dari nilai total metode tersebut, dimana yang mempunyai nilai total yang besar mendapatkan rangking 1 begitu juga sebaliknya. Dalam menentukan angka rangking didapat dari kebalikan jumlah rangking. Misal pada tabel di atas ada 3 rangking, maka rangking 1 mendapatkan nilai 3, rangking 2 mendapat nilai 2 sedangkan rangking 3 mendapat nilai 1. Kolom bobot pada Tabel 2.2 didapat dengan membagi angka rangking pada setiap kriteria dengan jumlah angka rangking tersebut, sehingga total bobot tetap 100%.

d) Analisis Matriks Dengan Proses Hierarki Analitis (PHA)

Proses pengambilan keputusan untuk memilih alternatif-alternatif yang terbaik menurut kriteria-kriteria yang telah ditentukan adalah hal yang tidak mudah, karena ada beberapa kriteria yang sifatnya tidak kuantitatif sehingga diperlukan teknik lain untuk menentukan alternatif mana yang terbaik. Proses pengambilan keputusan pada dasarnya adalah memilih suatu alternatif. Peralatan utama PHA adalah sebuah hirarki fungsional dengan input utamanya persepsi manusia. Dengan hirarki, suatu masalah kompleks dan tidak terstruktur dipecahkan ke dalam kelompok-kelompoknya. kemudian kelompok-kelompok tersebut diatur menjadi suatu hirarki (Permadi, 1992).

PHA dikembangkan oleh Thomas L. Saaty yang dapat memecahkan masalah yang kompleks dengan aspek atau kriteria yang diambil cukup banyak. Juga kompleksitas ini disebabkan oleh struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian persepsi pengambilan keputusan serta ketidakpastian tersedianya data statistik yang akurat atau bahkan tidak ada sama sekali. Kelebihan PHA dibandingkan dengan yang lain, menurut Kandarsah Suryadi dan Ali Ramdhani (2000) adalah pertama struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada sub kriteria yang paling dalam, kedua memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusan, ketiga memperhitungkan daya tahan atau ketahanan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan. Selain itu, PHA mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah yang multi-objektif dan multi-kriteria yang berdasar pada perbandingan preferensi dari setiap elemen dalam hirarki.

Pada dasarnya langkah-langkah dalam metode PHA meliputi:

- a. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
- b. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan sub tujuan - sub tujuan, kriteria dan kemungkinan alternatif - alternatif pada tingkat kriteria yang paling bawah.

- c. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atas. Perbandingan dilakukan dengan judgement dari pengambilan keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya.
- d. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh penilaian (*judgement*) seluruhnya sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.
- e. Menghitung nilai *eigen* dan menguji konsistensinya, jika tidak konsisten maka pengambilan data diulang.
- f. Mengulangi langkah c, d, dan e untuk seluruh tingkat hirarki.
- g. Menghitung vektor *eigen* dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai *eigen* merupakan bobot setiap elemen. Langkah untuk mensintesis penilaian (*judgment*) dalam penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai pencapaian tujuan.
- h. Memeriksa kosistensi hirarki. Jika nilainya lebih dari 10 persen maka, penilaian (*judgement*) data harus diperbaiki. Penentuan prioritas (lihat Tabel 3.4), menurut Saaty (1980) dengan menetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lain.

Tabel 2.7 Skala Kuantitatif Menurut Saaty (1980)

Intensitas kepentingan	keterangan	penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih sedikit penting dari pada elemen yang lainnya.	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibanding elemen lainnya.
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen yang lainnya.	Pengalaman dan penilaian sangat kuat pada menyokong satu elemen dibanding dengan lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting dari pada elemen lainnya.	Satu elemen yang kuat disokong Dan dominan terlihat dalam praktek.
9	Satu elemen jelas lebih mutlak penting dari pada elemen lainnya.	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan
kebalikan	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j,	maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i.

Untuk memudahkan pemahaman tentang penggunaan PHA sebagai analisis matriks pada penelitian tugas akhir ini lebih baik dibahas langkah satu per satu. Pada dasarnya PHA adalah suatu teknik yang sederhana dan efisien untuk memecahkan persoalan. Langkah-langkah PHA yang lebih detail adalah sebagai berikut ini :

- a. Tetapkan kriteria yang sesuai dengan preferensi jembatan antara berbagai sifat dengan membentuk matriks yang membandingkan berbagai sifat itu secara berpasangan yang berkenaan dengan nilai ekonomis yang rendah.
- b. Kriteria-kriteria yang telah dibentuk pada poin 1 akan membentuk matriks berpasangan dengan membentuk elemen-elemen kolom dan elemen baris.
- c. Elemen yang ada di kolom sebelah kiri, selalu dibandingkan dengan elemen-elemen yang ada di puncak, dan nilainya diberikan kepada elemen dalam kolom, sewaktu dibandingkan dengan elemen dalam baris.
- d. Selanjutnya meratakan sepanjang baris dengan menjumlahkan semua nilai dalam setiap baris matriks yang dinormalisasikan dan membaginya dengan banyaknya entri dari setiap baris. Sintesis ini menghasilkan persentasi prioritas relatif menyeluruh.
- e. Dengan ketakkonsistenan, semua nilai itu berubah, yang menjadi pertanyaan adalah berapakahsignifikannya perubahan ini? Misalkan ingin membandingkan ketakkonsistenan dengan nilai yang akan diperoleh jika pertimbangan-pertimbangan itu acak. Untuk itu kalikan matriks yang tidak konsisten dengan baris pada prioritas vektor (VP). Proses ini akan menghasilkan matriks II.
- f. Langkah selanjutnya baris matriks II dijumlahkan dengan prioritas vektor (VP), sehingga menghasilkan nilai prioritas (MNP) pada masing-masing kriteria.

Nilai prioritas ini diuji konsistensinya. Indeks konsistensinya (CI) akan dibandingkan dengan rasio konsistensi (CR) untuk menunjukkan bahwa konsistensi baik atau tidak. PHA mengukur konsistensi menyeluruh dari berbagai pertimbangan melalui rasio konsistensi. Nilai rasio konsistensi harus 10 % atau kurang. Jika lebih dari 10%, pertimbangan itu agak acak dan mungkin perlu diperbaiki. Cara untuk memperbaiki konsistensi bila tidak memuaskan adalah dengan jalan memperingatkan aktivitas-aktivitas menurut suatu urutan sederhana yang didasarkan pada bobot-bobot yang diperoleh pada proses pertama. Jika menggunakan intensitas sifat dari kriteria-kriteria dalam

menentukan penilaian maka sifat-sifat (contoh tinggi, sedang, dan rendah) tersebut harus dikalikan dengan vektor prioritas (VP) kriteria dengan VP sifat-sifat tersebut untuk menghasilkan nilai prioritas tertinggi berdasarkan intensitas sifat yang diinginkan.

Jika dalam saat penilaian alternatif telah tiba maka prioritas vektor (VP) dari masing-masing alternatif tersebut harus dikalikan dengan bobot prioritas dari sifat-sifat pada kriteria, untuk mendapatkan alternatif yang diinginkan sesuai dengan intensitas sifat yang melekat pada kriteria.

2.4.4 Tahap pengembangan

Tahap pengembangan merupakan tahap di mana akan muncul perbandingan nilai/biaya antara existing dan alternatif yang dipakai setelah adanya penambahan nilai *maintenance cost* dalam beberapa kurun waktu bangunan. Selain itu juga akan muncul berapa *cost saving*. Sehubungan dengan pekerjaan komponen pelat tidak terdapat biaya *maintenance* maka pada *Value Engineering* pada komponen tersebut tidak ada tahap pengembangan.

2.4.5 Tahap rekomendasi

Tahap rekomendasi adalah tahap di mana berisi rencana awal item pekerjaan yang di *value Engineering*, usulan yang terbaik, dasar pertimbangan memilih usulan atau alternatif yang terbaik dan diskusi yang berisi tentang nilai penghematan yang didapat dari usulan yang dipilih.

2.5 Waktu Penerapan *Value Engineering*

Dalam penerapan *Value Engineering* harus memperhatikan tahapan-tahapan dasar yang memberikan sumbangan dalam realisasi suatu proyek mulai dari gagasan hingga menjadi suatu kenyataan. Waktu penerapan pada umumnya dapat dilakukan sepanjang waktu berlangsungnya proyek, akan lebih efektif dan mendapatkan potensial saving maksimum bila program *Value Engineering* sudah diaplikasikan sejak dini pada tahap perencanaan.

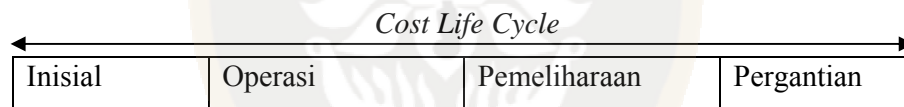
Pada tahap perencanaan memiliki pengaruh yang besar terhadap biaya suatu proyek, dikarenakan dalam tahap perencanaan sudah 70 persen biaya

kontruksi ditentukan (Donomartono, 1999). Dalam tahap ini pula pemilik dapat menentukan kriteria sehingga perencana dapat membuat desain berdasarkan kriteria yang diinginkan. Setelah perencanaan akhir sudah selesai maka desain yang telah didapat dilakukan *Value Engineering* terlebih dahulu sehingga didapat desain yang efektif dan efisien sehingga tidak merugikan pihak manapun juga.

2.6 Life Cycle Cost (LCC) / Ongkos Siklus Hidup

Menurut Pujawan (1995) *life cycle cost* dalam suatu item adalah jumlah semua pengeluaran yang berkaitan dengan item tersebut sejak dirancang sampai tidak terpakai lagi.

Untuk mencapai total biaya yang optimal dari suatu proyek untuk waktu tertentu diperlukan studi *Value Engineering* pada bidang kontruksi dengan metode sistematis, agar total biaya dapat dipertanggungjawabkan dari pekerjaan kontruksi, operasional, pemeliharaan dan penggantian alat/ barang di dalam suatu sistem periode yang disebut *cost of life cycle* (Donomartono, 1999), seperti tergambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Distribusi Biaya Total

PERENCANAAN	Kontraktor	Suplier (Pemasok)	Pemeliharaan dan operasi kontraktor
SELEKSI	Pengadaan dan pembimbingan	Produksi dan pengiriman	Operasi pemeliharaan dan pergantian

Gambar 2.3 Biaya Total yang Dikeluarkan oleh Pemilik Proyek

Menurut Pujawan (1995), ongkos siklus hidup didefinisikan sebagai kombinasi 3 hal yaitu :

a. Biaya awal

Biaya awal dari suatu item pembangunan merupakan investasi awal yang dibutuhkan untuk mengadakan pembangunan item tersebut dan tidak akan diulang selama masa pakainya.

b. Biaya operasional dan perawatan

biaya-biaya yang senantiasa berulang-ulang yang diperlukan untuk operasional dan merawat item bangunan tersebut selama masa pakainya, dan biasanya dinyatakan pertahun.

c. Biaya disposisi

Biaya disposisi terjadi apabila siklus hidup suatu item bangunan berakhir masa pakainya sehingga biaya disposisi berada di akhir siklus hidup.

Dalam analisa ekonomi menggunakan cara yang disebut *life cycle cost*, di mana *life cycle cost* sebagai alat bantu dalam mencari alternatif-alternatif berbagai kemungkinan dalam pengambilan keputusan dan menggambarkan nilai sekarang dan nilai yang akan datang dari suatu proyek pembangunan selama umur manfaat proyek itu sendiri.

2.7 Estimasi Biaya Konstruksi

2.7.1 Pengertian

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).

2.7.2 Biaya konstruksi

Biaya konstruksi terdiri dari

1). Modal tetap (*fixed capital*)

Modal tetap adalah biaya yang dikeluarkan untuk membangun proyek atau menghasilkan produk yang diinginkan, mulai dari studi kelayakan, desain engineering, pengadaan konstruksi sampai instalasi atau proyek siap beroperasi penuh.

Biaya modal tetap dibagi menjadi:

- a). Biaya langsung (*direct cost*) yaitu biaya untuk semua komponen permanen hasil akhir proyek. Biaya langsung antara lain: penyiapan lahan, instalasi bangunan (pipa, listrik, mekanikal), fasilitas pendukung

(pembangkit listrik, AC), bangunan fisik proyek, peralatan utama yang tertera dalam gambar (laboratorium, dapur) dan pembebasan lahan.

b). Biaya tidak langsung (*indirect cost*) yaitu biaya yang diperlukan untuk proses pembangunan proyek yang tidak menjadi instalasi atau produk permanen/fisik proyek. Biaya tidak langsung antara lain:

- (1). Gaji dan tunjangan tim manajemen, engineers, inspektor.
- (2). Kendaraan dan peralatan konstruksi, termasuk bahan bakar dan suku cadang.
- (3). Keuntungan pelaksana, pajak, izin dan asuransi.

2). Modal kerja (*working capital*)

Modal kerja adalah biaya yang diperlukan untuk proyek mulai beroperasi sampai proyek selesai.

2.7.3 Estimasi biaya rinci pekerjaan struktur bangunan

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

Estimasi biaya rinci pekerjaan struktur bawah dan atas dapat dilakukan jika gambar rencana struktur, spesifikasi dan data lain sudah tersedia atau dengan kata lain pekerjaan desain perencanaan struktur sudah selesai.

Secara umum perhitungan estimasi biaya rinci seperti pada bagan berikut :

4).Biaya Upah Tenaga Kerja

Biaya upah tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar tenaga kerja dalam pelaksanaan proyek. Besar kecilnya upah tenaga kerja ditentukan oleh keterampilan yang dimiliki.

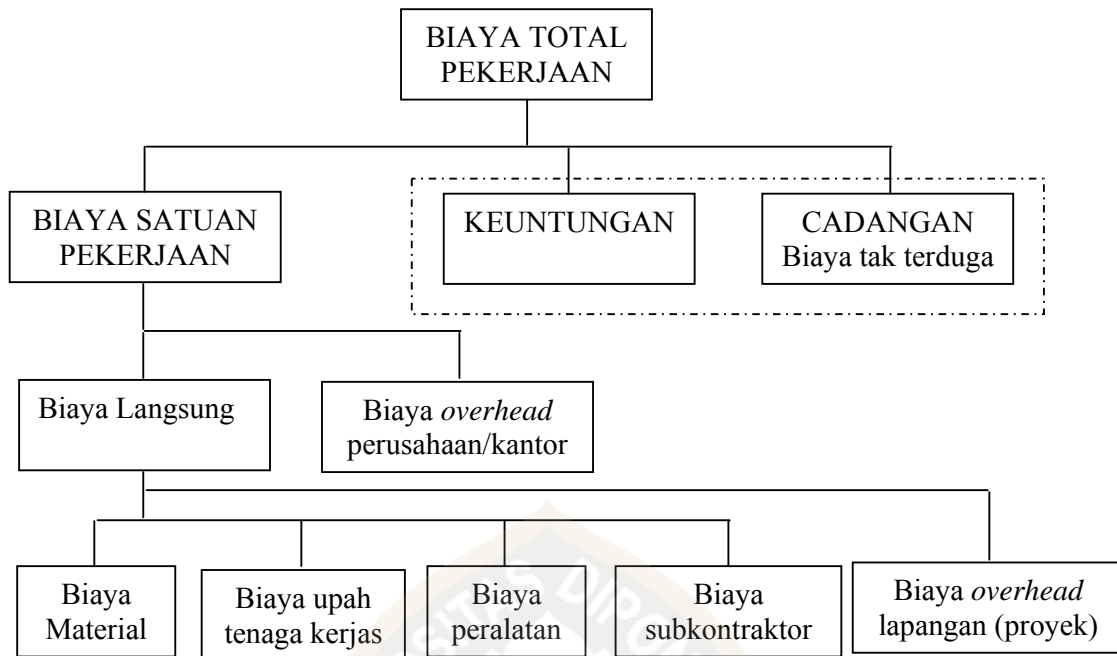
5).Biaya Peralatan

Biaya peralatan adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar semua keperluan yang berhubungan dengan perlengkapan yang digunakan dalam pelaksanaan item pekerjaan pada sebuah proyek.

6).Biaya Lain-lain

Biaya lain-lain yang dimaksud adalah biaya subkontraktor, biaya tambahan, *overhead* proyek, *overhead* umum dan markup.

- a) Biaya Subkontraktor adalah biaya yang dikeluarkan kontraktor utama kepada subkontraktor karena sebagian pekerjaan dilaksanakan oleh subkontraktor.
- b) Biaya *Overhead* Proyek adalah biaya-biaya tidak langsung yang dimasukkan ke dalam suatu pekerjaan tertentu tetapi untuk selesainya proyek yang dikeluarkan di lokasi proyek.
- c) Biaya *Overhead* Umum adalah biaya *overhead* yang dikeluarkan di kantor pusat meliputi seluruh biaya yang dikeluarkan oleh kantor pusat untuk menjalankan bisnisnya.



Gambar 2.5 Komponen Biaya Detail/Biaya Total Pekerjaan

Sember: Diktat Perkuliahan Manajemen kontruksi (Gunadi,2004)

2.7.5 Harga pekerjaan struktur bangunan

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

$$HP : Vol \times HSP \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana :

HP : harga pekerjaan

Vol : volume tiap pekerjaan

HSP : harga satuan pekerjaan

2.8 Beton Bertulang

2.8.1 Pengertian

Beton bertulang adalah merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos, yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah, dan batangan-batangan baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang dan Salmon, 1985).

2.8.2 Pelat

Menurut Szilard (1974) Pelat adalah struktur bidang (permukaan) yang lurus, (datar atau tidak melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi lainnya.

Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila beban yang dipikul pelat dalam kedua arah oleh empat balok pendukung sekeliling pelat (Wang dan Salmon, 1985).

Dalam perencanaan pelat 2 arah (Wong dan Salmon) memakai rumus-rumus sebagai berikut:

1) Tebal Pelat

Agar tebal pelat cukup mampu terhadap lendutan maka harus memenuhi tebal minimum.

$$H_{\min} = \frac{(0.8 + \frac{f_y}{1500}) I_n}{36 + 5\beta \left\{ \alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right\}} \dots\dots\dots(2.2)$$

di mana :

- H_{\min} = tebal pelat minimal
- I_n = bentang bersih pelat yang menentukan
- β = nilai banding sisi pendek dan sisi panjang (l_y/l_x)
- α_m = nilai rerata kekakuan balok tepi dan pelat

Mencari nilai merata kekakuan balok tepi dan pelat (α_m) jika keempat sisinya pelat tersebut terjepit balok maka:

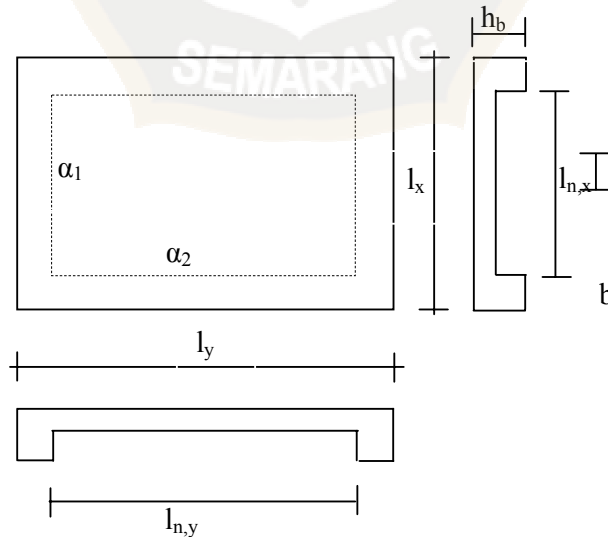
$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\alpha_1 = \frac{I_{b1}}{I_{s1}} = \frac{\frac{1}{12} \cdot b_1 \cdot h_1^3}{\frac{1}{12} \cdot l_{n,x} \cdot h_s^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\alpha_2 = \frac{I_{b2}}{I_{s2}} = \frac{\frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot h_2^3}{\frac{1}{12} \cdot l_{n,x} \cdot h_s^3} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

- α_1 = nilai kekakuan pada sisi pendek
- α_2 = nilai kekakuan pada sisi panjang
- I_{b1} = momen inersia balok tepi 1
- I_{b2} = momen inersia balok tepi 2
- I_{s1} = momen inersia pelat tepi 1
- I_{s2} = momen inersia pelat tepi 2
- b = lebar penampang balok
- h = panjang penampang balok



Gambar 2.6 Penampang Pelat

2) Beban berfaktor

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL \dots\dots\dots(2.6)$$

di mana :

W_u = beban berfaktor

DL = beban mati

LL = beban hidup

3) Momen rancang

Dalam mencari momen rancang pelat membutuhkan faktor pengali momen, beban berfaktor dan panjang efektif. Dituliskan dalam rumus sebagai berikut:

a) $M_{t,x} = C_x^- \cdot 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \dots\dots\dots(2.7)$

di mana :

$M_{t,x}$ = momen rancang tumpuan arah x

C_x^- = faktor pengali momen arah x

q = beban berfaktor

L_x = panjang efektif arah x

b) $M_{l,x} = C_x^+ \cdot 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \dots\dots\dots(2.8)$

di mana :

$M_{l,x}$ = momen rancang lapangan arah x

C_x^+ = faktor pengali momen arah x

q = beban berfaktor

L_x = panjang efektif arah x

c) $M_{t,y} = C_y^- \cdot 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \dots\dots\dots(2.9)$

di mana :

$M_{t,y}$ = momen rancang tumpuan arah y

C_y^- = faktor pengali momen arah y

q = beban berfaktor

L_x = panjang efektif arah x

d) $M_{l,y} = C_y^+ \cdot 0,001 \cdot q \cdot L_x^2 \dots\dots\dots(2.10)$

di mana :

$M_{l,y}$ = momen rancang lapangan arah


C_y^+ = faktor pengali momen arah y

q = beban berfaktor

L_x = panjang efektif arah x

Untuk mendapatkan nilai factor momen dibutuhkan nilai banding sisi pendek dan sisi panjang (l_x/l_y). Nilai factor momen dapat dilihat dalam Table 2.8 dibawah ini:

Tabel 2.8 Momen yang Menentukan Per Meter Lebar dalam Jalur Tengah pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Berbagi Rata

Skema	Momen Per Meter Lebar	l_x/l_y					
	$M_{l,x}$	25	34	42	49	53	58
	$M_{l,y}$	25	22	18	15	15	15
	$M_{t,x}$	51	63	72	78	81	82
	$M_{t,y}$	51	54	55	54	54	53

Sumber : Vis dan Gideon, 1993

4) Penulangan pelat

a) Koefisien tahanan

$$K = \frac{M_u}{\Phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots(2.11)$$

di mana :

K = koefisien tahanan

M_u = momen berfaktor

ϕ = faktor reduksi

b = lebar penampang

d = tinggi efektif

b) Rasio penulangan (ρ)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \dots\dots\dots(2.12)$$

di mana :

m = perbandingan isi tulangan

f_y = tegangan leleh baja

f'_c = kekuatan tekan beton umur 28 hari

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \dots\dots\dots(2.13)$$

di mana :

- ρ_{aktual} = rasio penulangan aktual
- m = perbandingan isi tulangan
- R_n = koefisien tahanan (K)
- f_y = tegangan leleh baja

Selain menggunakan rumus, rasio penulangan dapat dicari dalam Tabel 2.9 sebagai berikut:

Tabel 2.9 Hubungan Rasio Penulangan dengan Koefisien Tahanan (K) ($f'_c = 30$ MPa dan $f_y = 240$ MPa)

ρ	k	ρ	k	P	k
0,0058	1,3539	0,0066	1,5347	0,0074	1,7140
0,0059	1,3765	0,0067	1,5571	0,0075	1,7363
0,0060	1,3992	0,0068	1,5796	0,0076	1,7585
0,0061	1,4218	0,0069	1,6021	0,0077	1,7808
0,0062	1,4445	0,0070	1,6245	0,0078	1,8031
0,0063	1,4670	0,0071	1,6469	0,0079	1,8253
0,0064	1,4895	0,0072	1,6693	0,0080	1,8475
0,0065	1,5121	0,0073	1,6916	0,0081	1,8697

Sumber : Apendik Dipohusodo, 1999

c) Luas penulangan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.14)$$

di mana :

- A_s = luas tulangan
- ρ = rasio penulangan
- b = lebar penampang
- d = tinggi efektif

d) Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{A_d} \dots\dots\dots(2.15)$$

di mana :

- n = jumlah tulangan

A_s = luas tulangan total

A_d = luas tulangan tiap dimensi

Dalam menentukan luas dimensi setiap tulangan dapat melihat Tabel

2.10 dibawah ini :

Tabel 2.10 Dimensi, Luas Penampang dan Berat Tulangan

Tul. Baja	Diameter (mm)	Luas (cm ²)	Berat (kg/cm)
D6	6,00	0,283	0,222
D8	8,00	0,503	0,395
D9	9,00	0,636	0,499
D10	10,00	0,785	0,617
D12	12,00	1,131	0,888
D13	13,00	1,327	1,040
D14	14,00	1,540	1,210
D16	16,00	2,011	1,580
D18	18,00	2,545	2,000
D19	19,00	2,835	2,230
D20	20,00	3,142	2,470
D22	22,00	3,801	2,980
D25	25,00	4,309	3,850

Sumber : Apendik Dipohusodo, 1999