

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

3.1.1 Arti dan maksud Rekayasa nilai

“Menggunakan pendekatan dengan menganalisis nilai terhadap fungsinya. Proses yang ditempuh adalah menekankan pengurangan biaya sejauh mungkin dengan tetap memelihara kualitas serta realibilitas yang diinginkan” (Soeharto, 1998).

“Definisi rekayasa nilai dari *Society of American Value Engineers* adalah usaha yang terorganisir secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik yang mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis). Rekayasa nilai bermaksud memberikan sesuatu yang optimal bagi sejumlah uang yang dikeluarkan, dengan memakai teknik yang sistematis untuk menganalisis dan mengendalikan total biaya produk. Rekayasa nilai akan membantu membedakan dan memisahkan antara yang diperlukan dan yang tidak diperlukan, dimana dapat dikembangkan alternatif yang memenuhi keperluan (dan meninggalkan yang tidak perlu) dengan biaya terendah” (Soeharto, 1998).

Pengertian kunci dari definisi diatas adalah sebagai berikut:

1. Usaha yang terorganisir. Rekayasa nilai menggunakan pendekatan tim yang terorganisir. Tim yang terdiri dari mereka yang mewakili disiplin ilmu yang diperlukan untuk memformulasikan persoalan secara tuntas dan mampu membuahkan suatu usulan penggunaan biaya yang paling efektif.
2. Biaya terendah dengan kinerja yang sama. Adalah tujuan utama dari rekayasa nilai, karena bila prosesnya dilakukan dengan tidak benar, misalnya, dengan mengurangi harga yang berdampak turunnya realibilitas, maka hal demikian bukan maksud dan tujuan reayayasa nilai. Harus dimengerti sungguh-

nyata bahwa yang diusahakan diturunkan hanyalah harga dari produk dan bukan mutu atau kinerja yang bersangkutan.

3. Menganalisis untuk mencapai fungsi yang diinginkan. Rekayasa nilai 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 kreatif dan berdasarkan efektivitas biaya, namun tetap berpegang pada terpenuhinya fungsi produk atau sistem. Jadi disini melibatkan disiplin *engineering* pada aspek pemasaran.
4. Karakteristik yang penting dalam rangka memenuhi fungsi pokok produk perlu diperhatikan pula karakteristik yang penting, seperti realibilitas dan masalah-masalah pemeliharaan produk.

Rekayasa nilai (*Value Engineering*) menurut Chandra (1988) “adalah metode yang terorganisir untuk menganalisis suatu masalah dengan tujuan untuk mendapatkan fungsi-fungsi yang diinginkan dengan biaya dan hasil akhir yang optimal. Rekayasa nilai digunakan untuk mendapatkan suatu alternatif atau ide yang bertujuan untuk memperoleh biaya yang lebih baik atau lebih rendah dari biaya perencanaan awal tanpa mengabaikan mutu/kualitas pekerjaan. Analisis kembali pada suatu rencana anggaran biaya dalam pembangunan suatu proyek menjadi salah satu pilihan agar mendapatkan anggaran biaya yang paling hemat, namun masih sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku”.

Menurut Chandra (1988) “bahwa *Value Engineering* Program adalah *Proven Management Technique* yang menggunakan *systematic approach*, dan usaha yang terorganisir yang diarahkan untuk menganalisa fungsi dari suatu item atau *system* dengan tujuan untuk mencapai fungsi yang diperlukan itu dengan biaya yang seringannya, konsisten dengan ketentuan untuk penampilan, realibilitas, kualitas, dan pemeliharaan dari proyek tersebut. *Value Engineering* Program dapat mengurangi biaya proyek dengan jalan mengurangi biaya-biaya yang tidak diperlukan yang berhubungan dengan masalah teknik. Pada beberapa tahun

terakhir ini penggunaan *Value Engineering* meningkat dengan pesat sekali, hal ini disebabkan diantaranya :

- a. Meningkatnya dengan pesat biaya konstruksi pada 10 tahunan terakhir ini
- b. Kekurangan dana atau biaya untuk pembangunan
- c. Suku bunga yang cukup tinggi terhadap dana-dana yang dipergunakannya
- d. Meningkatnya inflasi setiap tahun”

“Kemajuan teknologi yang sangat pesat, sering kali kita menjumpai bahwa hasil perencanaan dan metoda yang dipakai jauh tertinggal dengan *scientific progress*” Chandra (1988).

“Pemilik proyek sering kali menghadapi suatu hasil perencanaan atau pekerjaan yang terlampaui mewah dan mahal, yang tidak terjangkau dengan dana-dana yang tersedia, sebaliknya kemewahan tersebut sama sekali tidak menunjang fungsi utama (*basic function*) yang dibutuhkan. Perencanaan atau pekerjaan yang tidak diperlukan itu seringkali terdapat didalam perencanaan, diantaranya mungkin disebabkan kurang selarasnya komunikasi dan hubungan antara pemilik proyek yang menentukan keperluan-keperluannya, dan designer yang menerapkan keperluan-keperluan tersebut didalam bentuk gambar-gambar dan spesifikasi” Chandra (1988).

“Dengan mengambil keuntungan dari kemajuan teknologi dalam material dan metoda konstruksi, dan menggunakan kemampuan kreatif pada setiap perencanaan, dalam batas-batas tertentu kita masih dapat mengatasi peningkatan biaya konstruksi ini” Chandra (1988).

“Untuk memperoleh fasilitas yang kita perlukan dengan dana yang tersedia, kita harus memanfaatkan usaha kita untuk mencapai fungsi utama yang diperlukan dengan biaya seminimal mungkin, ini adalah usaha dari *value engineering* melalui *systematic* dan *organized approach*” Chandra (1988).

Value Engineering adalah :

- a. *Multidisciplined Team Approach*, terdiri dari Pemilik Proyek dan *Value Engineering Consultant*.
- b. *Proven Management Technique*.

- c. *Oriented System*, untuk menentukan dan menghilangkan *unnecessary cost*.
- d. *Oriented Function*, untuk mencapai fungsi yang diperlukan sesuai dengannilai yang diperoleh dan biaya yang dikeluarkan.
- e. *Life Cycle Cost Oriented*, meneliti jumlah biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh dan mengoperasikan fasilitas yang diperlukan.

Value Engineering bukan :

- a. *Cost Cutting Process*, menurunkan biaya proyek dengan jalan menekan harga satuan, atau mengorbankan kualitas.
- b. *Design Review*, mengoreksi hasil desain yang ada.
- c. *A Requirement Done on All Design*, bukan menjadi keharusan dari setiap *designer* untuk melaksanakan *Value Engineering Programs*.

3.1.2 Nilai

“Arti nilai (*Value*) sulit dibedakan dengan biaya (*cost*) atau harga (*price*). Nilai mengandung arti subyektif apalagi bila dihubungkan dengan moral, estetika, sosial, ekonomi, dan lain-lain. Pengertian nilai dibedakan dengan biaya karena hal-hal sebagai berikut” (Soeharto, 1998)..

1. “Ukuran nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaanya sedangkan harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya atau harga komponen-komponen yang membentuk barang tersebut”.
2. “Ukuran nilai condong ke arah subyektif sedangkan biaya tergantung kepada angka (*monetary value*) pengeluaran yang telah dilakukan untuk mewujudkan barang tersebut”.

Dalam studi *Value Engineering* terdapat empat jenis nilai:

1. “Nilai guna (*Use Value*), yaitu suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar kegunaan produk proyek akibat sudah terpenuhinya suatu fungsi yang umumnya dipengaruhi oleh kualitas dan sifat suatu produk proyek tersebut”.

2. “Nilai kebanggaan (*Esteem Value*), adalah nilai yang menunjukkan seberapa besar kemampuan produk proyek untuk menimbulkan keinginan konsumen untuk memilikinya atau dengan kata lain rasa kebanggaan memiliki produk proyek tersebut”.
3. “Nilai tukar (*Exchange Value*), yaitu nilai yang menunjukkan seberapa besar keinginan konsumen untuk berkorban mengeluarkan biaya atau menukar dengan sesuatu untuk mendapat produk tersebut”.
4. “Nilai biaya (*Cost Value*), yaitu nilai yang menunjukkan seberapa besar total yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk dan memenuhi semua fungsi yang diinginkan”.

3.1.3 Biaya

“Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi, dan aplikasi produk. Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, realibilitas, *maintainability* karena ini akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai. Biaya pengembangan merupakan komponen yang ukup besar dari total biaya. Sedangkan perhatian terhadap biaya produksi amat diperlukan karena sering mengandung sejumlah biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*)” (Soeharto, 1998)..

3.1.4 Fungsi

“Pemahaman akan arti fungsi amat penting dalam mempelajari Rekayasa Nilai, karena fungsi akan menjadi objek utama dalam hubungannya dengan biaya. Untuk mengidentifikasinya L.D. Miles menerangkan sebagai berikut” (Soeharto, 1998):

1. Suatu sistem memiliki bermacam-macam fungsi yang dapat dibagi menjadi 2 (dua) kategori yaitu :
 - a. Fungsi dasar, yaitu alasan pokok sistem itu terwujud. Misalnya jalan, fungsi pokoknya adalah sebagai alat untuk melancarkan lalu lintas dan

inilah yang mendorong untuk memeliharanya. Sifat-sifat fungsi dasar adalah sekali ditentukan tidak dapat diubah lagi. Bila suatu peralatan kehilangan fungsi dasarnya, berarti kehilangan nilai jual di pasaran yang melekat pada fungsi tersebut.

- b. Fungsi kedua (*secondary function*), adalah kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya. Fungsi kedua kadang-kadang dapat menimbulkan hal-hal yang tidak disukai.
2. Untuk mengidentifikasi fungsi dengan cara yang mudah adalah dengan menggunakan kata kerja dan kata benda. Bila belum dapat menjelaskan fungsi dengan dua kata seperti di atas, berarti informasi yang tersedia masih kurang untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan fungsi yang dimaksud. Adapun hubungan antara nilai, biaya, dan fungsi dijabarkan dengan memakai rumus-rumus berikut :

Bagi produsen:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Fungsi}}{\text{Biaya}} \dots\dots\dots (1)$$

Bagi produsen:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Faedah}}{\text{Biaya}} \dots\dots\dots (2)$$

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

- a. Meningkatkan fungsi atau faedah dengan tidak menambah biaya
- b. Mengurangi biaya dengan mempertahankan fungsi atau faedah
- c. Kombinasi a dan b

3.1.5 Pemilihan Proyek Untuk Studi *Value Engineering*

Soeharto (1998) “mendefinisikan *value engineering* atau rekayasa nilai adalah suatu 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 atau paling ekonomis”.

“Teori dalam rekayasa nilai bermaksud memberikan sesuatu yang optimal bagi sejumlah uang yang dikeluarkan dengan memakai teknik yang sistematis untuk menganalisis dan mengendalikan total biaya produk. Rekayasa nilai akan membantu membedakan dan memisahkan antara yang diperlukan dan yang tidak diperlukan, di mana dapat dikembangkan alternatif yang memenuhi keperluan dan meninggalkan yang tidak diperlukan dengan biaya terendah” Soeharto (1998)

“Bilamana suatu *value engineering* studi dimulai, analisis langsung dihadapkan dengan pekerjaan untuk memisahkan suatu kesatuan yang rumit dan sulit didalam subsistem memilih bagian-bagian tertentu untuk studi dan meninggalkan yang lain. Terbatasnya waktu dan tenaga tidak memungkinkan untuk melakukan studi secara keseluruhan, kita harus terlatih agar dengan cepat dapat menentukan bagian-bagian yang mana mempunyai potensi besar untuk peningkatan” (Chandra, 1988).

3.1.6 Waktu Mengaplikasikan Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

“Penerapan rekayasa nilai (*value engineering*) harus diusahakan pada tahap konsep perencanaan. Sebab akan mempunyai fleksibilitas yang maksimal untuk mengadakan perubahan-perubahan tanpa menimbulkan biaya tambahan untuk perencanaan ulang. Dengan berkembangnya proses perencanaan, biaya untuk mengadakan perubahan-perubahan akan bertambah, sampai akhirnya tiba pada suatu titik yang tidak mempunyai penghematan yang dapat dicapai” (Rizal, 2012).

“Faktor penting yang harus diyakini adalah bahwa hampir semua desain proyek selalu mengandung biaya-biaya yang tidak perlu, bagaimanapun juga bagusnya tim perencana. Hal ini terjadi karena tidak mungkin menyelesaikan secara bersama sejumlah banyak detail untuk suatu proyek dengan tetap menjaga keseimbangan fungsional antara biaya, kinerja dan keandalan mutu tanpa tinjauan rekayasa nilai. Sifat dari desain konstruksi menuntut sedemikian banyak variabel dan penyelesaiannya dibatasi dalam waktu ketat sehingga perencana tidak sempat untuk meninjau ulang hal-hal tersembunyi yang mengakibatkan timbulnya biaya-

biaya yang tidak perlu. Namun harus disadari bahwa timbulnya biaya-biaya yang tidak perlu didalam suatu desain bukan mencerminkan tingkat kemampuan professional seorang perencana, tetapi lebih merupakan pada masalah manajerial” (Zimmerman, 1982).

Secara umum ada enam tahapan dasar yang memberikan sumbangan dalam pengembangan suatu proyek mulai dari suatu gagasan hingga menjadi suatu kenyataan, yang dikenal dengan sebutan daur hidup proyek konstruksi (*the life cycle of construction project*), yaitu:

- 1 Konsep dan studi kelayakan (*concept and feasibility studies*).
- 2 Rekayasa dan desain (*engineering and design*).
- 3 Pengadaan (*procurement*).
- 4 Kontruksi (*contruction*).
- 5 Memulai dan penerapan (*start up and implementation*).
- 6 Operasi dan pemanfaatan (*operation or utilization*).

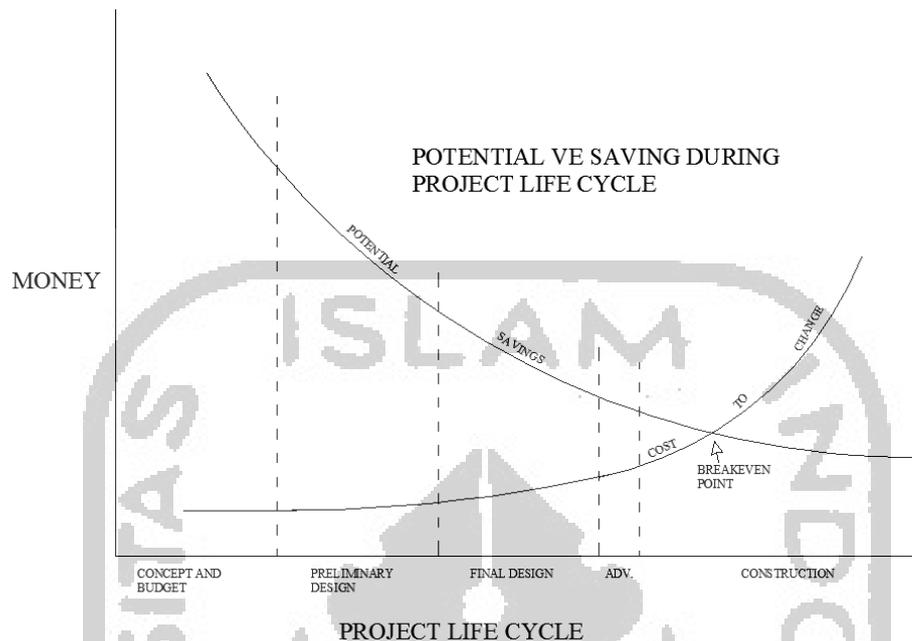
“Setiap tahap diatas berhubungan satu sama lain, besarnya waktu dalam prosentase yang dibutuhkan masing-masing tahap tergantung jenis proyek yang dikerjakan. Secara teoritis program *Value Engineering* dapat diaplikasikan pada setiap tahap sepanjang waktu berlangsungnya proyek, dari awal hingga selesainya pelaksanaan konstruksi, bahkan sampai pada tahap penggantian (*replacement*)” (Zimmerman, 1982).

“Meskipun program *Value Engineering* dapat diterapkan sepanjang waktu berlangsung proyek, tetapi lebih efektif bila program *Value Engineering* sudah diaplikasikan pada saat tertentu dalam tahap perencanaan untuk menghasilkan penghematan potensial yang sebesar-besarnya. Secara umum untuk mendapatkan penghematan potensial maksimum penerapan *Value Engineering* harus dimulai sejak dini pada tahap konsep dan secara kontinu hingga selesainya perencanaan. Semakin lama saat menerapkan program *Value Engineering*, nilai penghematan akan semakin kecil” (Rizal, 2012).

Menurut Chandra (1988) “*Value Engineering* Program dapat diaplikasikan pada setiap saat sepanjang waktu berlangsungnya proyek itu, dari awal hingga selesainya pelaksanaan pembangunan proyek tersebut. Seringkali proyek telah berjalan tanpa diadakan *Value Study*. Hal yang demikian ini seharusnya tidak terjadi, adalah penting sekali bagi *Value Consultant* untuk menjamin dan meyakinkan bahwa setiap proyek akan dapat mencapai suatu penghematan biaya melalui usaha *Value Engineering*. Lebih praktis apabila *Value Engineering* dapat diaplikasikan pada saat tertentu dalam tahap perencanaan untuk mencapai hasil yang maksimal. Waktu adalah sangat penting, secara umum bahwa *Value Engineering Program* harus dimulai sejak dini pada tahap konsep dan secara kontinyu pada *interval* sampai selesainya perencanaan”.

1. Tahap Perencanaan

“Aplikasi *Value Engineering* harus diusahakan pada tahap konsep perencanaan. Karena pada saat ini, kita mempunyai *flexibilitas* yang maksimal untuk mengadakan perubahan-perubahan tanpa menimbulkan biaya untuk *redesign*. Dengan berkembangnya proses perencanaan, biaya untuk mengadakan perubahan-perubahan akan bertambah, sampai akhirnya mencapai suatu titik dimana tidak ada penghematan yang dapat dicapai. Dimana penghematan yang berpotensi (*potential savings*) habis ditelan oleh biaya untuk mengadakan perencanaan baru (*redesigning*)” Chandra (1988), pemesanan kembali (*reordering*), dan pembuatan *schedule* baru dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 *timing the VE effort* (sumber: Chandra, 1988)

Pada tahap perencanaan ini, Pemilik Proyek menetapkan :

- a. Tujuan (*goals*)
- b. Keperluan-keperluan (*requirements*)
- c. Kriteria-kriteria yang bersangkutan (*applicable criteria*)

Perencana (*Designer*) menetapkan :

Objectives dari proyek dan kerangka biaya yang menjadi rencana anggaran pembiayaan untuk menentukan batas-batas dari :

- a. Tujuan (*goals*)
- b. Keperluan-keperluan (*requirements*)
- c. Kriteria-kriteria yang bersangkutan (*applicable criteria*).

Menurut Chandra (1988), “*Study* telah membuktikan bahwa perencana mempunyai pengaruh yang terbesar pada biaya dari suatu proyek. Demikian Pemilik Proyek yang menetapkan keperluan-keperluan dan kriteria mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap biaya proyek. Oleh karena itu *Value Engineering study* yang dilaksanakan pada tahap konsep perencanaan mempunyai

potensi yang besar untuk meningkatkan kualitas dan menurunkan biaya. Pada tahapan ini, *Value Engineering study* dapat membantu pemilik proyek untuk” :

- a. “Menetapkan keperluan-keperluan yang sebenarnya dari proyek tersebut, yang mana memerlukan pengertian yang lengkap terhadap fungsi utama yang akan ditampilkan didalam perencanaan”.
- b. “Koordinasi yang terpadu antara *Value Engineering specialist*, Pemilik proyek dan perencana meneliti secara mendalam, menyeluruh dan menyatakan dengan tegas kebenaran dari semua keperluan-keperluan dan menghilangkan kesimpang siuran”.

2. Tahap Akhir Perencanaan (*Late Design Stage*)

“Dengan kemajuan perencanaan dari konsep, *programming*, *schematic*, pengembangan (*design development*), sampai ke detail perencanaan (*final design*), *Value Engineering* perlu menyertai kemajuan perencanaan ini. Terutama *Value Engineering analysis* harus menyertai setiap penyerahan tahapan perencanaan itu agar dapat memberikan pengarahan kepada perencana dan menjamin bahwa pertimbangan dari segi nilai atau biaya telah dikemukakan kepada pemilik proyek guna mendapatkan perhatian didalam mengambil keputusannya. Minimum *Value Engineering* ini harus dilaksanakan pada tahap pengembangan *design* dan menyertai penyampaian hasil dari tahapan pengembangan perencanaan ini. Pada tahap ini, hasil konsep perencanaan telah diputuskan, bentuk dan ukuran-ukuran telah diketahui yang mana memungkinkan untuk memberikan kepastian yang lebih teliti didalam menentukan biaya-biaya dari sistem arsitektur dan struktur yang akan dipakai. Selanjutnya, *Value Engineering study* ini dapat menguntungkan juga untuk dilaksanakan pada akhir dari tahapan perencanaan, namun elemen-elemen yang dapat diubah tanpa mengakibatkan pengunduran waktu dan penambahan biaya untuk merubah perencanaan berkurang dibandingkan tahapan-tahapan sebelumnya, dan sangat tergantung dengan keadaan *time schedule* dari proyek pada saat dimana *Value Engineering study* akan dilaksanakan” Chandra (1988).

3. Tahap Pelelangan dan Pelaksanaan (*Preconstruction-Construction Stage*)

“*Value Engineering analysis* dapat diaplikasikan pada tahap pelelangan dan pada tahap pelaksanaan. Hal ini dapat terjadi dan dimungkinkan dalam situasi” Chandra (1988) :

- a. “Apabila suatu item atau *system* telah diteliti oleh *Value Engineering study* pada tahapan sebelumnya, yang mana memerlukan penelitian lebih lanjut sebelum diputuskan. Misalnya suatu item atau *system* telah diteliti oleh *Value Engineering study* pada tahap pengembangan perencanaan, yang mana memerlukan *testing* atau *research* sebelum diputuskan. Meskipun terjadi kelambatan dengan proses yang demikian, mungkin akan menguntungkan untuk diteruskan apabila dapat memberikan potensi penghematan biaya dan peningkatan kualitas yang sangat besar”.
- b. “Apabila pada tahapan perencanaan belum diadakan *Value Engineering analysis*, maka aplikasi *Value Engineering* yang dilaksanakan pada tahapan ini dapat memberikan potensi penghematan biaya dan peningkatan kualitas yang sangat besar”.
- c. “Apabila kontraktor meneliti suatu bidang pekerjaannya dimana dapat ditingkatkan kualitasnya dan atau menurunkan biayanya. Keadaan ini sering timbul apabila dalam perjanjian pemborongan atau kontraknya terdapat pasal *Value Engineering Incentive Clause* yang mana kontraktor dengan bantuan dari *Value Engineering Consultant* akan mendapatkan pembagian dari penghematan yang dapat dihasilkannya (*savings sharing*)”.

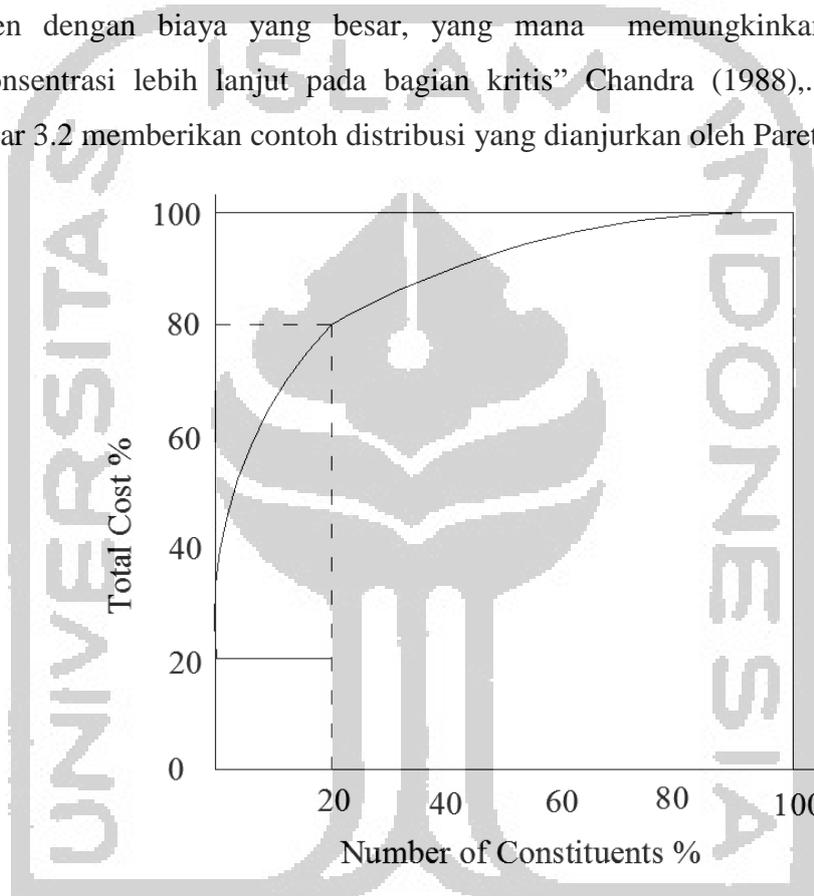
3.1.7 Hukum Pareto

“Model-model biaya (*cost model*) juga memungkinkan kita untuk menentukan bagian-bagian dari perencanaan yang mana mengandung bagian-bagian terbesar dari seluruh biaya” Chandra (1988),.

“Menurut hukum distribusi Pareto (*Pareto's Law of Distribution* - Vilfredo Pareto, 1848-1923, *Italian Political Economist and Engineer*) 20% dari

bagian-bagian penting dari suatu item akan merupakan 80% dari biayanya” Chandra (1988),.

“Dengan menyusun urutan-urutan elemen-elemen dari sistem yang dimaksud dari biaya tertinggi ke biaya paling rendah, kurva (*curve*) akan memperlihatkan bagian-bagian mana dari perencanaan yang membentuk elemen-elemen dengan biaya yang besar, yang mana memungkinkan kita untuk berkonsentrasi lebih lanjut pada bagian kritis” Chandra (1988),. Grafik pada gambar 3.2 memberikan contoh distribusi yang dianjurkan oleh Pareto



Gambar 3.2 *Pareto's Law of Distribution* (sumber: Chandra, 1988)

“Mungkin adalah bermanfaat untuk menyebutkan bahwa Pareto pertama menyatakan hukum nya sebagai suatu hubungan antara pendapatan (*income*) dan jumlah penerimanya (*its recipients*). Kemudian, diaplikasikan pada komponen biaya yang berhubungan dengan bagian-bagian produk dari industri Chandra” (1988).

3.1.8 *Life Cycle Coasting*

Chandra (1988) “dalam bukunya mengatakan bahwa semua investor dan pemilik proyek (*owner*) ingin mengetahui biaya pemilikan dan biaya operasi seluruhnya yang harus dikeluarkan. Keinginan untuk mengetahui biaya

seluruhnya sepanjang berlangsungnya siklus hidup dari proyek itu terus meningkat baik pada sektor pemerintah maupun swasta”.

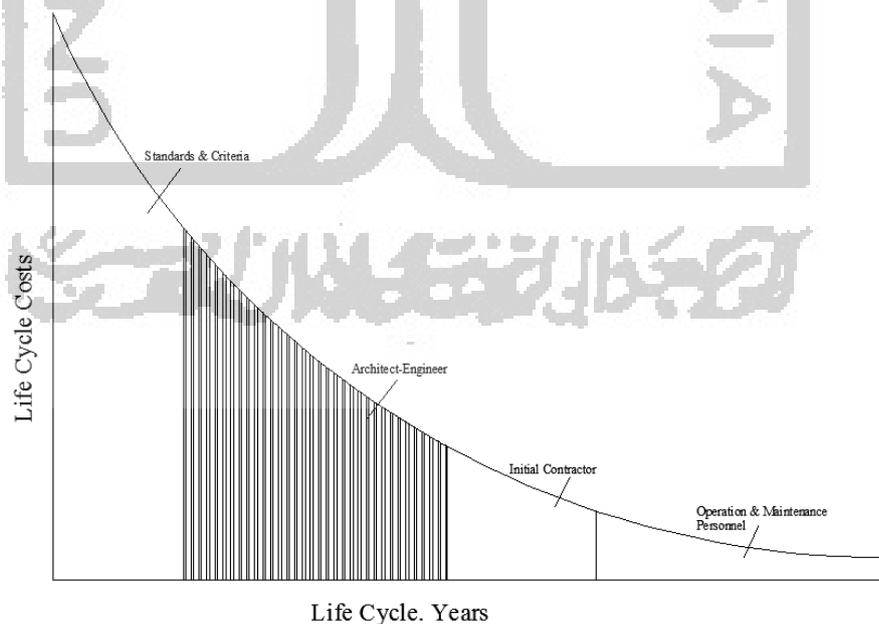
Ini meliputi suatu estimasi biaya konstruksi dan *forecast* biaya energi, pemeliharaan, pajak-pajak, dan biaya penggunaan dana, yang mana diperlihatkan secara grafik pada Tabel 3.1. perlu diketahui bahwa perencana mempunyai bagian yang terkecil bagian ini.

Tabel 3.1 *Life Cycle Cost Distribution*

<i>Designer</i>	<i>Initial Construction</i>		<i>O & M Contractor</i>
	<i>Contractor</i>	<i>Supplier</i>	
<i>Selects</i>	<i>Procures & Constructs</i>	<i>Produces & Delivers</i>	<i>Operates & Maintains</i>

Sumber: Chandra (1988)

Gambar 3.3 adalah kurva umum (*generalized curve*) yang mana menunjukkan keputusan-keputusan dari pihak-pihak yang mempunyai pengaruh terbesar pada biaya. Apabila daerah dibawah setiap bagian kurva menunjukkan pengaruh biaya, akan terlihat perencana (*architect-engineer*) mempunyai peranan paling besar.



Gambar 3.3 *Decision makers influence on LC costs* (sumber: Chandra, 1988)

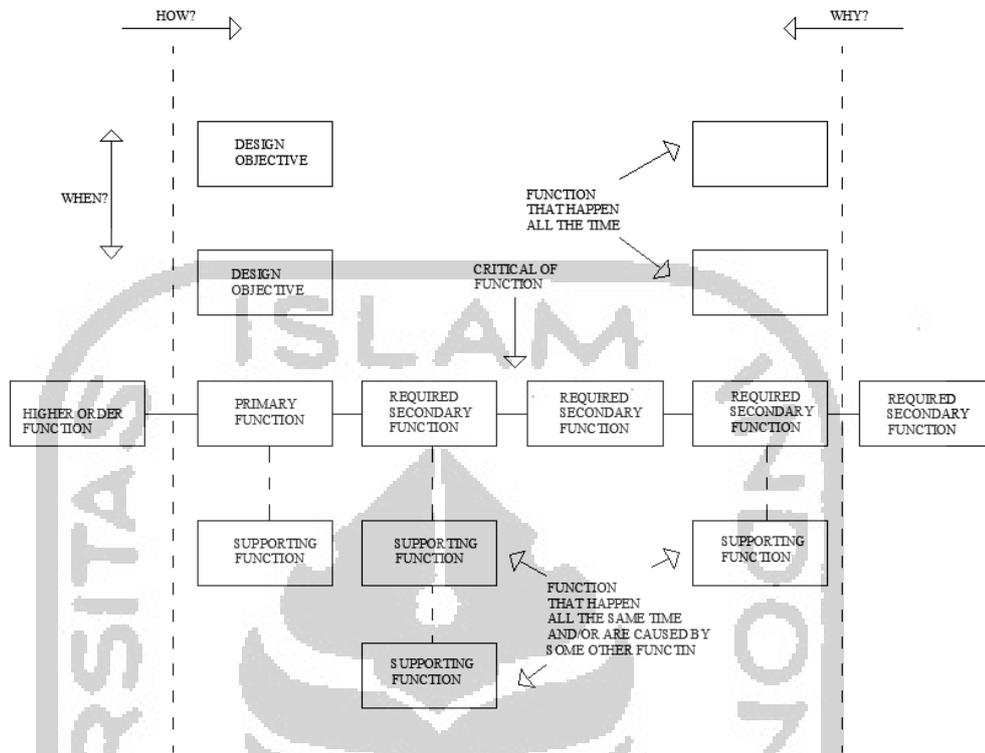
“Kontraktor hanya dapat melaksanakan pekerjaannya dalam batas-batas yang sesuai dengan kontraknya, dan setelah perencanaannya selesai, ia hanya mempunyai pengaruh kecil pada seluruh biaya proyek. Bagian operasinya dan pemeliharaan bahkan mempunyai pengaruh lebih kecil, meskipun jumlah biaya yang dikeluarkan sepanjang umur dari fasilitas adalah lebih besar dari biaya yang dikeluarkan untuk perencanaan” Chandra (1988).

3.1.9 Fungsional Analisa Sistem Teknik (FAST)

Chandra (1988) “mendefinisikan FAST suatu metoda untuk menganalisa, mengorganisir, dan mencatat fungsi-fungsi dari suatu sistem, produk, rancangan, proses, prosedur, fasilitas, *supply*, dan sebagainya, untuk menstimulasi pemikiran dan kreatifitas. Manfaat penggunaan FAST dalam *problem solving situations* termasuk berikut ini”:

- a. Membantu dalam mengorganisir daftar fungsi-fungsi. Diagram akan mengatur pertanyaan-pertanyaan kata kerja, kata benda dalam susunan yang benar.
- b. Membantu dalam menentukan fungsi-fungsi yang tidak tampak dalam daftar fungsi-fungsi.
- c. Membantu dalam menentukan fungsi dasar *scope* dari studi.
- d. Menambah pengertian pada perencanaan yang ada dan penentuan problem-problem.
- e. Membantu dalam mengembangkan kreatif alternatif yang berlaku.
- f. Memperkuat penyajian visual kepada *decision makers*.

FAST diagram adalah suatu diagram yang mana menggambarkan secara terorganisir fungsi-fungsi suatu proyek dan hubungannya satu terhadap yang lain. yang mana dibuat dengan mengaplikasikan FAST. Contoh diagram FAST dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 FAST Diagram *Ground Rules* (sumber: Chandra, 1988)

3.2 Teknik Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

Soeharto (1998) “mengatakan agar Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) memperoleh hasil yang diharapkan, perlu digunakan teknik-teknik tertentu yang didasarkan atas pengertian bahwa rekayasa nilai banyak berurusan langsung dengan sikap dan perilaku manusia, juga dengan masalah-masalah pengambilan keputusan dan pemecahan persoalan. Teknik ini terutama digunakan untuk pekerjaan desain engineering pada awal proyek. Para ahli semula berpendapat bahwa proyek tersebut sudah merupakan alternatif yang terbaik”.

Di antara teknik-teknik tersebut yang terpenting adalah sebagai berikut :

1. Bekerja atas dasar spesifik

Semua pekerjaan diarahkan dengan menggunakan analisis persoalan pada bagian-bagian atau area yang spesifik. Pilih suatu area tertentu untuk dipelajari secara mendalam, konsentrasikan kepada persoalan ini sampai menjumpai inti masalah, kemudian disusun suatu usulan atau alternatif. Usulan yang bersifat

umum akan mudah dibantah atau disanggah. Sebaliknya, bila masalah khusus didukung oleh fakta-fakta akan mengundang tanggapan yang positif.

2. Dapatkan informasi dari sumber terbaik

Untuk mendapatkan sumber informasi yang tepat dan terbaik, diusahakan dari berbagai sumber, kemudian mengkaji dan menyaringnya. Pada saat tingkat perkembangan ilmu dan teknologi yang demikian tinggi, para ahli lah yang dianggap mengetahui hal-hal yang bersifat khusus. Oleh karena itu, mereka dapat dianggap sebagai sumber terbaik untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan.

3. Hubungan antar manusia

Hubungan antar manusia sama bobotnya dengan penguasaan aspek teknis. Keberhasilan program Rekayasa Nilai tergantung kepada pengertian dasar hubungan antar manusia, bagaimana bekerjasama dengan semua pihak yang akan ikut berperan. Pentingnya hubungan tersebut tergantung dari besarnya derajat ketergantungan terhadap masing-masing pihak.

Dalam kegiatan Rekayasa Nilai, derajat ketergantungan relatif tinggi, sehingga penguasaan hubungan yang baik akan amat menentukan keberhasilan program Rekayasa Nilai.

4. Kerjasama tim

Sifat dari Rekayasa Nilai memerlukan usaha bersama dari berbagai pihak, maka proses Rekayasa Nilai dilakukan oleh suatu tim. Menyusun suatu tim Rekayasa Nilai yang dapat bekerja efektif sama pentingnya dengan proses Rekayasa Nilai itu sendiri. Dalam hal ini, minimal 4 kriteria yang perlu diperhatikan, yaitu disiplin yang diwakili, peranan, jumlah anggota, dan kompetensi masing-masing anggota yang bersangkutan. Jenis objek (masalah) menentukan komposisi disiplin yang disertai tugas untuk menanganinya. Bila tim rekayasa nilai disusun dari tenaga-tenaga di dalam perusahaan yang bersangkutan (bukan dari konsultan) umumnya komposisi tersebut terdiri dari hal-hal berikut ini:

- a. Mereka yang memiliki masalah
- b. Mereka yang ditugaskan memecahkan masalah

c. Mereka yang terkena dampak pemecahan masalah

5. Mengatasi rintangan

Rintangan merupakan hal yang tidak asing dalam proses menuju kemajuan. Misalnya usaha melakukan perubahan pekerjaan sehari-hari yang telah terbiasa dalam kurun waktu yang lama, umumnya akan mengalami tantangan atau hambatan.

Untuk menghadapinya, prosedur Rekayasa Nilai disusun sebagai berikut:

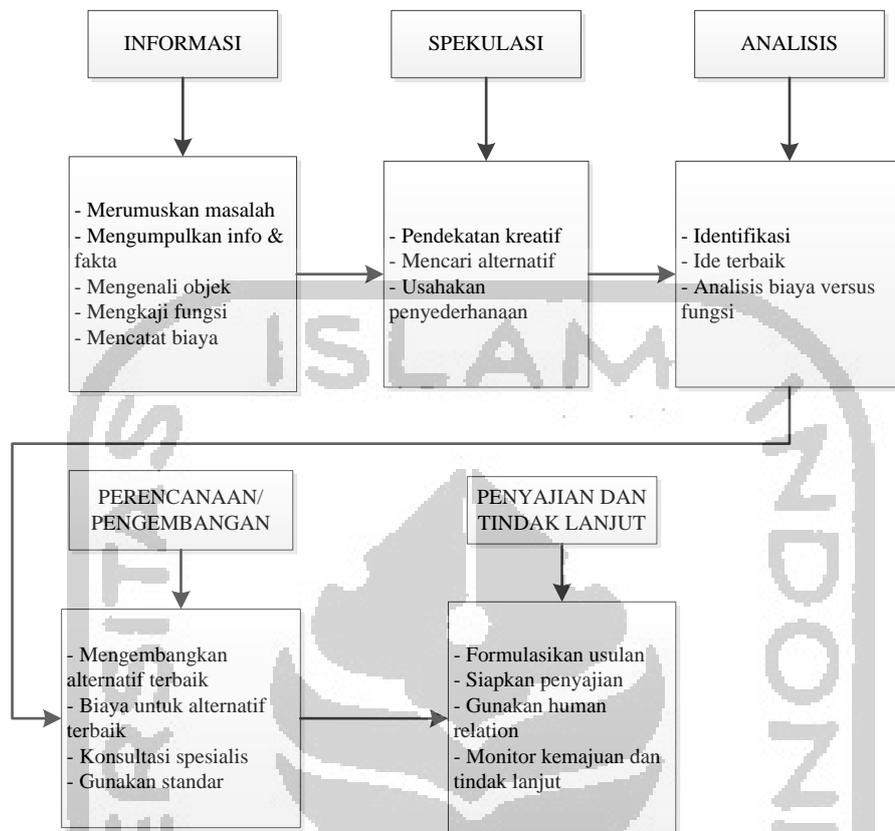
- a. Dikaji apakah rintangan kemungkinan besar akan terjadi atau hanya imajinasi.
- b. Bila kemungkinan besar akan terjadi, rintangan dianalisis lebih jauh dan ditentukan tindakan yang diperlukan untuk mengatasinya.

Pengkajian yang sistematis dan seksama dengan mengklasifikasi jenis dan sebab rintangan, akan mempermudah mengambil langkah-langkah untuk mengatasinya.

3.3 Rencana Kerja Rekayasa Nilai

Soeharto (1998) “mengatakan proses pelaksanaan rekayasa nilai mengikuti metodologi berupa langkah yang tersusun secara sistematis yang dikenal dengan rencana kerja rekayasa nilai. Urutannya adalah mendefinisikan masalah, merumuskan pendapat, kreativitas, analisis dan penyajian”.

Adapun langkah-langkah dalam proses rekayasa nilai adalah tahap informasi, tahap spekulasi, tahap analisis, tahap pengembangan dan tahap penyajian dan tindak lanjut. Langkah-langkah dalam proses rekayasa nilai dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 langkah-langkah pada proses rekayasa nilai (sumber: Soeharto, 1998)

Diputera dkk (2018) “dalam penelitiannya mengungkapkan langkah-langkah dalam penerapan *Value Engineering* adalah terdiri dari enam tahapan, yaitu : tahap informasi (*information phase*), tahap analisi fungsi (*function analysis*), tahap kreativitas (*creative phase*), tahap evaluasi (*evaluation phase*), tahap pengembangan (*development phase*) dan tahap penyajian/presentasi (*recommendation phase*), yang dijelaskan sebagai berikut” :

1. Tahap Informasi (*Information Phase*)

“Sesuai rencana kerja dalam *Value Engineering*, tahap awal yang dilakukan adalah mengumpulkan informasi terkait dengan desain awal proyek dari data umum sampai dengan batasan yang diinginkan dalam proyek tersebut. Informasi ini diperoleh dengan meminta langsung kepada konsultan atau owner dari proyek. Lalu dilakukan identifikasi mengenai item-item pekerjaan yang biayanya tinggi”.

2. Tahap Analisis Fungsi (*Function Analysis*)

“Setelah mengumpulkan informasi kemudian dilanjutkan dengan analisis fungsi yang merupakan tahapan paling penting dalam *Value Engineering*. Pada tahapan ini akan dilakukan analisis mengenai fungsi-fungsi yang dikehendaki dan nantinya diperoleh biaya yang paling rendah untuk mengetahui fungsi-fungsi utama, fungsi - fungsi pendukung dan melakukan identifikasi biaya-biaya agar dapat dikurangi atau dihilangkan tanpa mempengaruhi mutu/kualitas dari gedung itu sendiri. Tahap ini yang membedakan *Value Engineering* dengan analisis penghematan biaya yang lainnya”.

3. Tahap Kreatif (*Creative Phase*)

“Pada tahap kreatif akan dimunculkan alternatif-alternatif sebagai pembanding desain eksisting yang sudah dibuat sebelumnya, semakin banyak ide alternatif semakin banyak solusi yang diberikan dalam penghematan biaya, mutu dan waktunya. Alternatif yang dibuat lingkungannya bisa berupa alternatif bahan atau material, metode pelaksanaan, dan waktu pelaksanaan”.

4. Tahap Evaluasi (*Evaluation Phase*)

“Pada tahap evaluasi dilakukan pemilihan alternatif yang sesuai dari beberapa pilihan alternatif yang disusun pada tahap kreativitas. Pemilihan dilakukan dengan cara menganalisis perhitungan yang mana memberikan penghematan paling tinggi berupa keuntungan dan kerugian baik dari segi biaya dan mutu, memberikan pelaksanaan yang paling mudah dan biaya yang paling rendah dari alternatif lain yang telah didapatkan pada tahap kreatif”.

5. Tahap Pengembangan (*Development Phase*)

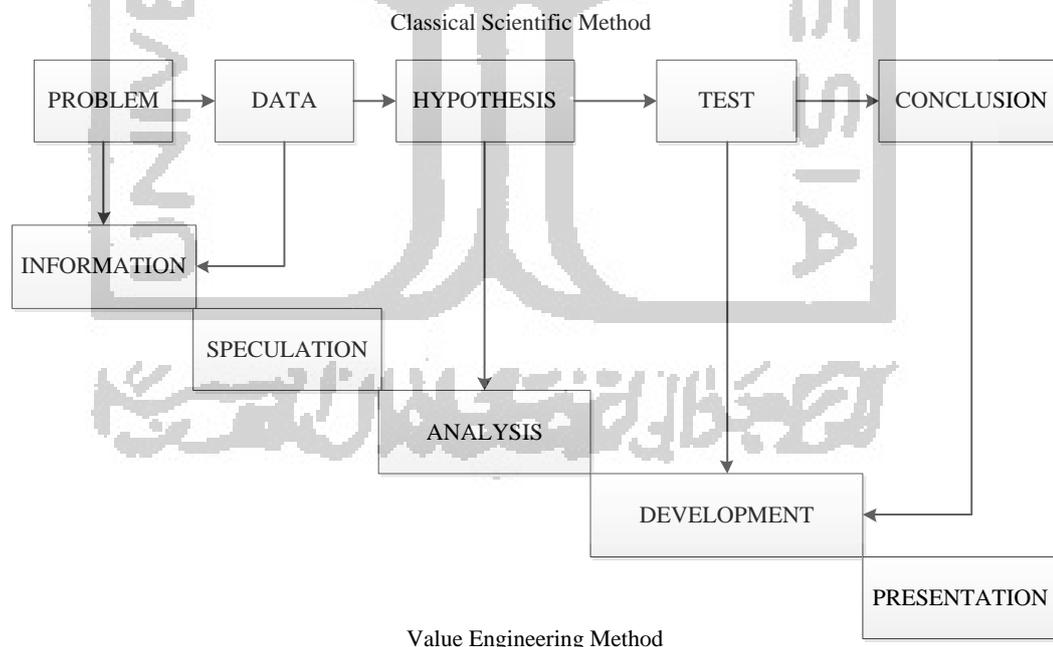
“Kegiatan dalam fase ini adalah membandingkan kesimpulan studi dengan kesimpulan yang ditetapkan sebelumnya, mempersiapkan alternatif untuk ide terpilih untuk dikembangkan lebih lanjut, mengelola resiko dan biaya yang sesuai, melakukan analisis biaya manfaat dan mengembangkan suatu rencana tindak lanjut untuk mendefinisikan langkah-langkah pelaksanaan, jadwal, dan tanggung jawab pada setiap alternatif yang dipilih. Pada tahap ini dilakukan analisis teknis dan perhitungan biaya siklus hidup / *Life Cycle Cost* (LCC) untuk mendapatkan

penghematan biaya pada jenis pekerjaan yang sudah dianalisis *Value Engineering* secara detail”.

6. Tahap Penyajian (Recommendation Phase)

“Pada tahap penyajian dilakukan pelaporan atau penyajian hasil analisis yang telah dilakukan. Penyajian ditujukan kepada *owner* atau pihak pengembang berupa data alternatif yang dipilih beserta alasan pemilihannya, selisih harga rencana awal dengan setelah dilakukan *Value Engineering*, keuntungan serta kerugian dari alternatif yang dipilih dan penghematan biaya siklus hidup dari rencana awal dengan setelah dilakukan *Value Engineering*. Pada tahap penyajian ini nantinya digunakan untuk menyakinkan *owner* atau pihak pengembang yang mempunyai peran dalam penentuan keputusan”.

Menurut chandra (1988) “rencana kerja *value engineering* adalah suatu rencana yang pasti dari langkah-langkah untuk penyelesaian studi nilai teknik termasuk implementasi dari rekomendasinya”. Hubungannya dengan metoda klasik dalam pemecahan masalah ditunjukkan secara grafik pada gamabar 3.6

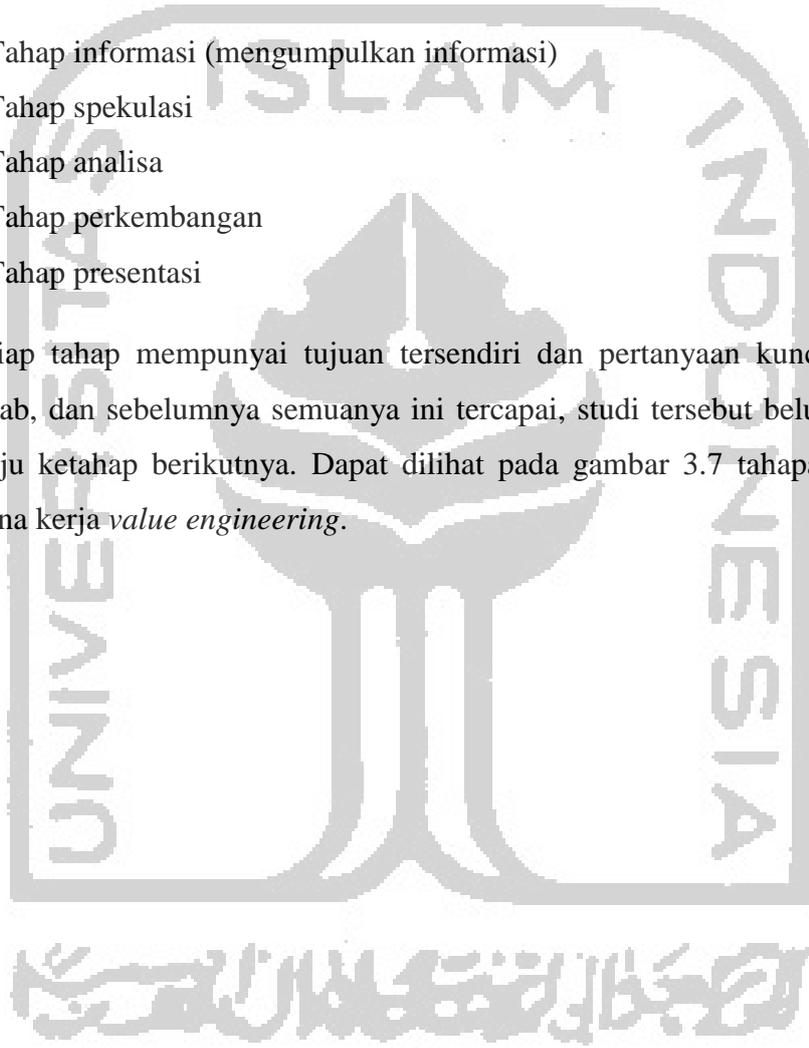


Gambar 3.6 *Value Engineering Method* (sumber: Chandra, 1988)

Menurut Chandra (1988) “rencana kerja *value engineering* dibagi menjadi lima tahap. Walaupun rencana kerja ini diterangkan dalam lima tahap yang jelas, dalam praktek tahap-tahap ini biasanya saling berkaitan. Hal ini terutama terjadi pada tahap permulaan dan mungkin berlanjut kepada seluruh studi. Kelima tahap ini adalah sebagai berikut”:

1. Tahap informasi (mengumpulkan informasi)
2. Tahap spekulasi
3. Tahap analisa
4. Tahap perkembangan
5. Tahap presentasi

Tiap tahap mempunyai tujuan tersendiri dan pertanyaan kunci yang harus dijawab, dan sebelumnya semuanya ini tercapai, studi tersebut belum siap untuk menuju ketahap berikutnya. Dapat dilihat pada gambar 3.7 tahapan dan tujuan rencana kerja *value engineering*.



PHASE I INFORMATION				
<u>QUESTIONS</u> What is it? What does it do? What must it do? What does it cost? What is performance of primary function(s) worth?	PHASE II SPECULATION			
	<u>QUESTIONS</u> What else will do the job? (perform the primary function(s))	PHASE III ANALYSIS		
<u>TECHNIQUES</u> Use good human relations Get all the fact Get information from the best sources Obtain complete information Define the function(s) Perform functional evaluation	<u>TECHNIQUES</u> Use good human relations Eliminate Try everything Blast-create/over-simplify Modify and refine Use creative techniques (brainstorm)	<u>QUESTIONS</u> What does each cost? Will each perform the primary function(s)	PHASE IV DEVELOPMENT	
		<u>TECHNIQUES</u> Use good human relations Put money on each idea Evaluate by comparison Refine ideas Use services of experts Use your own judgement	<u>QUESTIONS</u> Will it work? Will it meet all the requirements? What do I do now? What is needed? Who has to approve it? What are the implementation problem? What are the costs? What are the savings	PHASE V PRESENTATION
			<u>TECHNIQUES</u> Use good human relations Gather convincing facts Work on specifics- not generalities Translate facts into meaningful actions Select first choice and alternates Prepare summary proposal	<u>TECHNIQUES</u> Make presentation -written proposal - oral without illustration Present problem Explain before and after Explain advantages and disadvantages Present facts quickly concisely Explain implementation problem Suggest further follow up Remove roadblocks Use good human relations

Gambar 3.7 *The Value Engineering job plan* (sumber: Chandra, 1988)

Menurut Zimmerman dan Hart (1982) yang tercantum dalam abma (2015) terdapat 5 tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Informasi (*Information Phase*)

“Pada tahap ini merupakan tahapan pengumpulan data atau informasi sebanyak mungkin yang berhubungan dengan desain proyek, informasi biaya, informasi teknis untuk desain alternatif yang akan diajukan untuk dilakukan studi *value engineering*”

“Tahap informasi dalam rekayasa nilai merupakan pondasi dasar bagi setiap penyelidikan nilai. Dalam tahap ini, semua informasi yang penting dikumpulkan untuk memahami dengan seksama objek yang diselidiki. Informasi tersebut

kemudian dianalisa untuk menemukan fungsi-fungsi objek, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai fungsi utama atau sekunder. Tahap ini meliputi langkah-langkah”:

- a. Merumuskan masalah. Sebelum mengumpulkan informasi, harus ada kejelasan dan pengertian mengenai masalah yang dihadapi. Dalam satu proyek, harus diketahui tujuan dan potensi-potensi masalah yang dapat muncul selama pelaksanaan.
- b. Mengumpulkan informasi dan fakta. Informasi dikumpulkan untuk merumuskan jawaban dari pertanyaan tentang kegunaan, biaya, harga dan fungsi dari objek yang diteliti berdasarkan atas fakta.
- c. Mengenali objek, mengkaji fungsi dan mencatat biaya. Setelah mendapat informasi, dilanjutkan dengan pengenalan fakta objek dari berbagai aspek teknis, pengadaan, pabrikasi, fungsi, dan biaya.

“Tahap informasi ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang jelas atas proyek yang akan dilakukan rekayasa nilai. Pengumpulan data dan informasi proyek berasal dari semua sumber seperti pemilik proyek, konsultan perencana, pemimpin proyek, dan kontraktor. Informasi utama yang harus diperoleh adalah berkaitan dengan fungsi primer dan biaya yang diperlukan untuk merealisasikan”.

2. Tahap kreatif (*Creative Phase*)

“Kreativitas didalam *value engineering* merupakan hal yang sangat penting, dimana pada tahap ini digunakan imajinasi berdasarkan pengetahuan dari inovasi kreatifitas dengan menformulasikan kombinasi dari sistem, proses, bahan dan teknik untuk mendapatkan fungsi yang tepat. Definisi dari berpikir kreatif adalah suatu produk imajinasi dimana kombinasi baru dari pikiran dan sesuatu dipersatukan secara bersama-sama. Berpikir kreatif seringkali dihubungkan dengan pengembangan suatu pikiran atau pendapat ataupun konsep baru, dalam berpikir kreatif ini tidak ada halangan untuk mengemukakan ide-ide yang aneh karena semua dilakukan dengan terbuka”.

“Tahap ini dikembangkan suatu gagasan-gagasan baru yang kreatif serta inovatif dalam menentukan alternatif-alternatif tanpa mengubah fungsi dasarnya. Dalam tahap ini diharapkan muncul banyak ide-ide atau gagasan-gagasan baru yang muncul”.

“Dalam tahap kreatif dikembangkan sejumlah metode alternatif demi tercapainya fungsi dasar. Pertanyaan yang harus dijawab pada tahap ini adalah hal-hal alternatif apa saja yang dapat dilakukan untuk menampilkan fungsi aktifitas pekerjaan. Oleh karena itu, pemahaman permasalahan sangatlah diperlukan untuk memecahkan masalah. Pemikiran ataupun ide-ide kreatif digunakan untuk memunculkan alternatif pemecahan dengan biaya yang lebih murah. Teknik penggalian ide untuk menyelesaikan permasalahan antara lain sebagai berikut”:

a. *Brainstroming*

Teknik yang dilakukan melalui proses diskusi. Pada saat diskusi masing-masing orang diharapkan menghasilkan ide kreatif sebanyak mungkin. Prinsip dasarnya adalah:

- 1) Kuantitas ide,
- 2) Partisipasi kelompok diarahkan untuk memperkaya ide,
- 3) Tidak diijinkan mengevaluasi ide.

b. *The Gordon Technique*

Tipe lain pemecahan masalah yang lebih kompleks *brainstorming* adalah *The Gordon Technique/ Synectics*. Proses ini juga dilakukan melalui diskusi dengan sekelompok orang. Perbedaan terletak pada adanya sikap kritis dan membutuhkan pengalaman teknis yang lebih tinggi. Prinsip dasarnya dari *The Gordon Technique* adalah:

- 1) Klien menyatakan masalah dan terlibat langsung.
- 2) Fasilitator tidak terlibat langsung tetapi mencatat ide dan menjaga momentum tersebut
- 3) Fokus pada ide yang lebih sedikit tetapi menuju pemecahan masalah klien.

3. Tahap Pertimbangan (*Judgement Phase*)

“Tahap pertimbangan ini digunakan ide-ide yang telah disajikan pada tahap kreatif. Tahap pertimbangan ini dilakukan evaluasi dari ide-ide kreatif yang kemudian dikembangkan untuk nantinya hasil dari *value engineering* direkomendasikan kepada pemilik”.

“Tujuan pada tahap pertimbangan ini adalah untuk mendapatkan alternatif yang memberikan potensi penghematan paling tinggi dari alternatif-alternatif ide yang telah didapatkan dari tahap kreatif. Pada tahap ini merupakan tahap saringan, dimana pada tahap ini dilakukan analisis untuk mendapatkan alternatif yang nantinya dapat dikembangkan”.

Proses analisis yang dilakukan meliputi hal-hal sebagai berikut:

a. Analisis keuntungan dan kerugian.

“Analisis keuntungan dan kerugian merupakan tahap penyaringan yang paling kasar diantara metode yang dipakai dalam penilaian” (Tadjuddin, 1994), sistem penilaian diberikan secara bersama-sama oleh tim rekayasa nilai (*value engineering*), hasil dari penelitian ini selanjutnya akan dianalisis dengan analisis tingkat kedua yaitu dengan metode analisis matrik.

“Dalam analisa keuntungan dan kerugian, kriteria yang dapat dipakai yaitu biaya awal, waktu pelaksanaan, fungsi, metoda pelaksanaan, struktur, dan kondisi setempat. Dalam memberikan penilaian atas kriteria-kriteria yang ditinjau harus ditentukan tingkatan kriteria yang dipandang sangat penting dengan poin tertinggi yang selanjutnya diikuti kriteria lain secara relatif”.

“Kriteria utama yang dipandang sangat penting diberi nilai 3 (tiga) untuk kriteria awal, sedang kriteria selanjutnya mengikuti dengan penilaian secara realatif dengan skala penilaian dari nol samapai dengan tiga. Sistem penilaian dilakukan dengan membandingkan semua kriteria terhadap komponen yang ditinjau dari segi keuntungan dan kerugian. Apabila kriteria berada dalam kolom keuntungan diberi nilai positif (+), dan sebaliknya jika dikolom kerugian mendapat nilai negatif”.

“Pada analisa keuntungan dan kerugian, ide-ide didapatkan pada tahap kreatif dicatat keuntungan dan kerugiannya, kemudian diberi bobot nilai. Evaluasi ide harus subjektif mungkin. Langkah selanjutnya adalah keuntungan dan kerugian masing-masing ide diberi peringkat (*rating*). Pemberian peringkat ini bertujuan untuk mengklasifikasikan alternatif-alternatif sesuai urutan keuntungan dan kerugiannya. Alternatif dengan peringkat tertinggi ditunjukkan dengan pemberian angka terkecil. Yaitu menunjukkan bahwa alternative tersebut merupakan alternatif terbaik. Demikian sebaliknya, alternative dengan peringkat terendah ditunjukkan dengan pemberian nilai tertinggi, yang menunjukkan alternatif terjelek”.

Hasil dari analisa disajikan dalam bentuk tabel. Pemberian peringkat kepada setiap alternatif dalam analisa ini mengikutkan aturan-aturan sebagai berikut:

- 1) Peringkat tertinggi diberikan kepada alternatif yang mempunyai keuntungan lebih banyak dan kerugian paling sedikit.
- 2) Peringkat berikutnya diberikan kepada alternatif dengan keuntungan lebih sedikit dari peringkat sebelumnya dan mempunyai kerugian lebih banyak dari peringkat sebelumnya.
- 3) Peringkat terendah diberikan kepada alternatif yang mempunyai biaya (*cost*) termahal, mempunyai keuntungan lebih sedikit dan kerugian terbanyak.

b. Analisa tingkat kelayakan

“Analisa tingkat kelayakan adalah salah satu cara lain untuk mengevaluasi masing-masing ide kreatif yang diajukan, hasil dari penyaringan ini dipilih beberapa alternatif dengan nilai penilaian tertinggi untuk diajukan dalam analisis selanjutnya yaitu analisis matrik”.

Tahap analisis tingkat kelayakan ini, kriteria-kriteria yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Biaya pengembangan, yang berkaitan dengan:

- a) Biaya perencanaan kembali
- b) Biaya pengembangan kembali
- 2) Penggunaan teknologi, yang berkaitan dengan:
 - a) Teknologi baru atau teknologi lama
 - b) Sumber daya manusia dan perangkat teknologi
- 3) Kemungkinan penerapan, yang berkaitan dengan:
 - a) Sesuai dengan kondisi lapangan
 - b) Disetujui oleh pemilik
- 4) Waktu pelaksanaan, yang berkaitan dengan:
 - a) Waktu perencanaan kembali
 - b) Waktu pelaksanaan dilapangan
- 5) Potensial keuntungan biaya
- 6) Sarana alat kerja, yang berkaitan dengan:
 - a) Jumlah alat kerja
 - b) Tingkat kesulitan pengadaan peralatan kerja
 - c) Tingkat kesulitan penggunaan alat kerja

Setiap kriteria pada analisis kelayakan diberi bobot nilai. Bobot nilai yang diberikan antara 0-10. Kemudian hasil nilai-nilai tersebut dijumlahkan setiap alternatifnya. Alternatif yang mempunyai nilai tertinggi akan menjadi alternatif pilihan utama.

c. Analisis matrik

“Tujuan dari analisis matrik adalah untuk menilai masing-masing dari ide kreatif yang diusulkan. Analisis matrik ini merupakan tahapan dari sistem penilaian atau evaluasi yang dilakukan setelah analisis keuntungan dan kerugian serta analisis kelayakan”.

1) Penentuan prioritas

Prioritas merupakan besar kecilnya kontribusi suatu elemen untuk mencapai tujuan, langkah pertama dalam menentukan prioritas adalah dengan menetapkan prioritas elemen-elemen dalam penilaian yang

berpasangan, yaitu dibandingkan terhadap suatu kriteria yang ditentukan. Perbandingan berpasangan dibentuk menjadi matrik bujur sangkar dengan ordo yang sesuai dengan jumlah elemen dalam tingkatan tersebut.

Untuk mengisi matrik banding berpasangan harus menggunakan bilangan yang menggambarkan relatif pentingnya suatu elemen terhadap elemen lainnya yang berhubungan dengan sifat tersebut. Bilangan berkisar 1 sampai 6, semua pertimbangan diterjemahkan secara numerik. Kesahihannya dapat dievaluasi dengan uji konsistensi.

2) Uji konsistensi data

Kesahihan data dapat diketahui dengan uji konsistensi data. Uji konsistensi data dilakukan dengan nilai rasio konsistensi (CR). Data dapat dikatakan konsisten bila nilai CR lebih kecil atau sama dengan 0,1 dan apabila $CR > 0,1$ maka proses penilaian terhadap matrik perbandingan berpasangan harus diulangi.

Bilangan atau nilai dari masing-masing baris pada matrik perbandingan berpasangan dikalikan secara kumulatif. Kemudian hasil perkalian tersebut dimasukkan akar dengan derajat sesuai dengan jumlah elemen pada baris matrik. Hasilnya disebut matrik I. Untuk mendapatkan matrik vektor prioritas (*eigen vector*) adalah elemen matrik I dibagi dengan jumlah total matrik1, sehingga sumusnya sebagai berikut:

$$\text{Matrik Perbandingan berpasangan} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Matrik I : } I_{11} = n = \sqrt[3]{(A_{11} \times A_{12} \times A_{13})} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{: } I_{21} = n = \sqrt[3]{(A_{21} \times A_{22} \times A_{23})} \dots\dots\dots (5)$$

$$: I_{31} = n = \sqrt[3]{(A_{31} \times A_{32} \times A_{33})} \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{Vektor Prioritas : } P_{11} = \frac{I_{11}}{\Sigma(I_{11}+I_{21}+I_{31})} \dots \dots \dots (7)$$

$$P_{21} = \frac{I_{21}}{\Sigma(I_{11}+I_{21}+I_{31})} \dots \dots \dots (8)$$

$$P_{31} = \frac{I_{31}}{\Sigma(I_{11}+I_{21}+I_{31})} \dots \dots \dots (9)$$

Sedangkan nilai prioritas (*eigen value*), didapatkan dengan cara matrik perbandingan berpasangan dikalikan dengan vektor prioritas sehingga didapatkan matrik II. Matrik nilai prioritas adalah hasil elemen pada matrik II dibagi dengan elemen vektor prioritas. Nilai vektor maksimum adalah harga rata-rata dari matrik nilai prioritas (λ).

$$\text{Matrik II : } II_{11} = (A_{11} \times P_{11}) + (A_{12} \times P_{12}) + (A_{13} \times P_{13}) \dots \dots \dots (10)$$

$$II_{21} = (A_{21} \times P_2) + (A_{22} \times P_{22}) + (A_{23} \times P_{23}) \dots \dots \dots (11)$$

$$II_{31} = (A_{31} \times P_{31}) + (A_{32} \times P_{32}) + (A_{33} \times P_{33}) \dots \dots \dots (12)$$

Nilai vektor maksimum (λ):

$$(\lambda) = \frac{\text{matrik nilai prioritas}}{n} \dots \dots \dots (13)$$

Indeks konsistensi/ *consistency indexs* (CI)

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n - 1)} \dots \dots \dots (14)$$

Rasio konsistensi/ *consistency ratio* (CR)

$$CR = CI = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (15)$$

Dimana :

λ = nilai prioritas maksimum

n = jumlah faktor/ elemen dalam matrik

CI = Indeks konsistensi/ *consistency index*

CR = Rasio konsistensi/ *consistency ratio*

Random index (RI) adalah indeks acak yang menyatakan besarnya koreksi terhadap indeks konsistensi pada nilai matrik perbandingan. Nilai RI dapat dilihat pada table 3.2 berikut ini

Tabel 3.2 Nilai random indeks

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

(sumber: Saaty, 1993)

4. Tahap Pengembangan (*Development Phase*)

Setelah kedua analisa diatas dilakukan, maka alternatif-alternatif yang ada dinilai satu yang terbaik. Dalam tahap ini, dikembangkan alernatif-alternatif yang telah terpilih melalui tahap analisa dibuatkan program pengembangannya sampai menjadi usulan yang lengkap. Untuk pengkajian yang lebih menyeluruh dan spesifik, ada baiknya mendatangkan tenaga ahli spesialis sesuai dengan objek yang dikaji.

Biaya bukanlah satu-satunya kriteria yang harus diperhatikan. Namun ada beberapa kriteria lain, misalnya biaya redesain, waktu implementasi, performa, keselamatan, estetika, dan sebagainya. Semua kriteria dan pembobotan ini akan berbeda pada setiap orang tergantung sudut pandang masing-masing. Selanjutnya dipilih satu alternatif terbaik yang mempunyai kelebihan paling banyak dibandingkan dengan alternatif lainnya.

Perubahan yang dinamis yang terjadi pada biaya kepemilikan, pengoprasian dan pemerliharaan merupakan salah satu beban utama yang kompleks bagi perncana atau pemilik. *Life Cycle Cost* yang dapat dipergunakan untuk semua fasilitas sangat diperlukan untuk memastikan biaya sesungguhnya yang diperlukan *Life Cycle Cost* merupakan teknik untuk

mengevaluasi secara ekonomis dengan menghitung seluruh biaya yang relevan selama jangka waktu investasi melalui penyelesaian pada *time value of money*.

Biaya daur hidup biasa dipakai sebagai alat bantu dalam analisa ekonomi untuk mencari alternatif berbagai kemungkinan dalam pengambilan keputusan dan menggambarkan nilai sekarang serta nilai yang akan datang memperhatikan faktor ekonomi.

Program pengembangan dibuat berdasarkan rencana detail dari ide terevaluasi yang berguna untuk memperoleh semua informasi relevan untuk bias mengembangkan program tersebut menjadi proposal yang dapat diterima serta untuk mengimplementasikannya. Setiap aspek yang relevan dengan kemampuan, desain, mutu, manufaktur, pengemasan dan pemasaran harus dipahami sebagai usaha merubah ide yang sudah dievaluasi menjadi sebuah proposal yang dapat diajukan.

5. Tahap Rekomendasi (*Recommendation Phase*)

Tahap ini merupakan proses mengajukan ide terbaik yang diusulkan untuk bias diterima dan dilaksanakan untuk pemilik (*owner*). Rekomendasi bias berupa mengubah desain dan penghematan menjadi salah satu ukuran bahwa usulan tersebut bisa diterima. Dalam tahap rekomendasi disajikan keistimewaan dan keunggulan konsep dari usulan desain baru yang biasa menjadi dasar alasan bagi pemilik untuk menerima perubahan.

3.4 Sebab-Sebab Timbulnya Biaya-Biaya Yang Tidak Diperlukan

Chandra (1988) “timbulnya biaya yang tidak diperlukan atau Nilai Kurang, pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal-hal yang tersebut dibawah ini” :

1. Kekurangan Waktu

“Setiap Perencana mempunyai batas waktu untuk menyerahkan hasil perencanaannya. Apabila ia tidak menyerahkan tepat pada waktunya, maka reputasinya akan terpengaruh. Dalam kata lain, perencana hanya memiliki waktu yang terbatas untuk membuat perbandingan biaya untuk mencapai nilai yang diinginkan”.

2. Kekurangan Informasi

“Material dan produk-produk baru terus menerus memasuki pasaran, dan tidak mungkin untuk mengetahui semua perubahan-perubahan ini. Demikian pula sulit untuk menerima semua produk yang baru itu sebelum terbukti integritasnya”.

3. Kekurangan Ide

“Setiap *expert* mempunyai spesialisasinya masing-masing, tidak ada orang yang dapat menguasai keahlian dalam semua bidang”.

4. Keadaan Sementara yang Menjadi *Permanent*

“Perencana didesak oleh waktu untuk mengambil keputusan. Keputusan sementara ditetapkan dengan maksud untuk mengadakan perubahan kemudian. Ini sering kali terjadi pada spesifikasi. Beban lantai ditentukan 250 kg/m². Perencana bermaksud untuk merubah spesifikasi itu apabila ia mendapat informasi lebih lanjut, namun ia harus segera menyelesaikannya. Ini berarti ia menetapkan kriteria yang tinggi dengan tujuan untuk kembali pada problem itu apabila waktu mengizinkan. Tetapi ia tidak pernah kembali pada problem itu, dengan demikian keadaan tersebut menjadi *permanent*. Ini adalah keadaan sementara yang tidak disengaja menjadi *permanent* dan menimbulkan biaya yang tidak diperlukan”.

5. *Misconceptions*

“Kita semua mempunyai kesalahan konsep secara jujur. Pengalaman terkadang memberi kita kesalahan konsep secara jujur, sebab kita tidak mengikuti perkembangan berikutnya yang merubah kenyataan yang kita percaya dari pengalaman kita terdahulu”.

6. Kekurangan Biaya Perencanaan

“Tidak menyediakan biaya yang semestinya untuk menyelesaikan suatu pekerjaan perencanaan dapat mempengaruhi hasil produk dari perencanaan tersebut. Jalan pintas untuk bekerja menurut dana dan waktu yang tersedia sering kali menambah biaya yang tidak diperlukan didalam perencanaan. Kekurangan biaya perencanaan adalah bagian yang kecil dari biaya proyek, sebaliknya sangat mempengaruhi biaya total dari seluruh proyek”.

7. Sikap (*Attitudes*)

“Kita semua menyadari bahwa sikap kita kadang-kadang terbawa oleh pandangan-pandangan atau pemikiran-pemikiran kita. Meskipun yang terbaik diantara kita berusaha mempertahankan pandangan atau pemikirannya apabila pekerjaan kita dianalisa oleh bagian lain dari organisasi kita atau dari pihak luar”.

8. Politik

“Politik adalah kompleks sekali. Dimana banyak orang dan pandangan yang berbeda yang harus diikuti. Pada saat tertentu politik adalah menguntungkan bagi proyek dan pada saat lain kita harus memilih alternatif yang diberikan yang bukan merupakan alternatif yang terbaik. Seringkali alternatif dengan biaya yang paling ringan untuk suatu proyek belum tentu dapat diterima oleh lingkungan dimana proyek akan didirikan. Oleh karenanya, perencana dan *Value Engineering Consultant* diperlukan tidak hanya memiliki pengetahuan teknik, berpengalaman dan kerja keras, namun juga perlu flexible dan terbuka untuk berunding”.

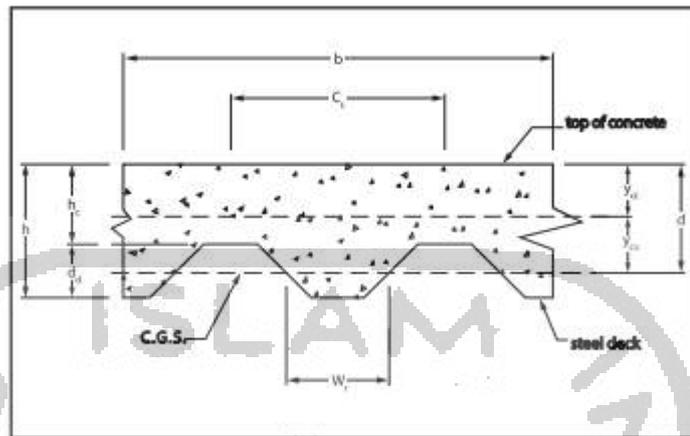
9. Kebiasaan (*Habitual Thinking*)

“Kebiasaan ini ada baik dan buruknya, kebaikannya adalah memungkinkan kita membangun ketrampilan dan mengerjakannya dengan cepat dan juga memberikan respon yang cepat. Seringkali ada kejelekkannya pada perencanaan apabila elemen-elemen tertentu diulang-ulangi yang seharusnya diubah. Kebiasaan-kebiasaan ini seringkali menimbulkan biaya-biaya yang tidak diperlukan pada suatu proyek”.

3.5 Desain Plat Bondek

3.5.1 Plat lantai bondek

Untuk perhitungan plat lantai bondek menggunakan rumus dari *steel deck institute* 2011, dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3.8 Penampang Komposit Plat Lantai Bondek (sumber: SDI-C, 2011)

$$d = h - \frac{1}{2} \text{tinggi gelombang} \dots\dots\dots (16)$$

$$h_c = h - \text{tinggi gelombang} \dots\dots\dots (17)$$

kemudian,

$$Y_{cc} = d \{ \sqrt{2\rho n + (\rho n)^2} - \rho n \} < h_c \dots\dots\dots (18)$$

Dimana:

$$n = \frac{E_s}{E_c} \dots\dots\dots (19)$$

$$= \frac{E_s}{0,043x(Wc)^{1,5}x\sqrt{Fc}} \dots\dots\dots (20)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \dots\dots\dots (21)$$

$$Y_{cs} = d - Y_{cc} \dots\dots\dots (22)$$

$$I_c = \frac{b}{3 \times h} \times Y_{cc}^3 + A_s \times Y_{cs}^2 + I_{sf} \dots\dots\dots (23)$$

Flexural strength

$$M_y = \frac{F_y \times I_c}{h - Y_{cc}} \dots\dots\dots (24)$$

$$M_{ru} = \phi \times M_y \dots\dots\dots (25)$$

Keterangan :

d = distance from top of concrete to centroid of steel deck

h_c = depth of concrete above steel deck in (mm)

Y_{cc} = distance from top of slab to neutral axis of cracked section (mm)

- Wc = concrete unit wight (kg/m³)
- n = modular ratio
- Es = 203000 Mpa
- Ec = modulus of elasticity of concrete
- Fc = concrete strength (Mpa)
- As = area of steel deck per unit (mm²)
- Isf = moment of inertia of the full stell deck per unit (mm⁴)
- Fy = yeild stress of steel deck (Mpa)
- Icr = cracked section moment of inertia (mm⁴)
- h = slab depth (mm)
- Ø = 0,85

3.5.2 Wiremesh

Perhitungan wiremesh dapat dilihat pada rumus berikut ini.

Tulangan konvensional

$$As = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \left(\frac{1000}{s}\right) \dots\dots\dots (26)$$

Tulangan wiremesh

$$As \text{ perlu} = As \times \frac{fy}{fyw} \dots\dots\dots (27)$$

Trial dengan menggunakan tulangan wiremesh

$$Asw = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times \left(\frac{1000}{s}\right) \dots\dots\dots (28)$$

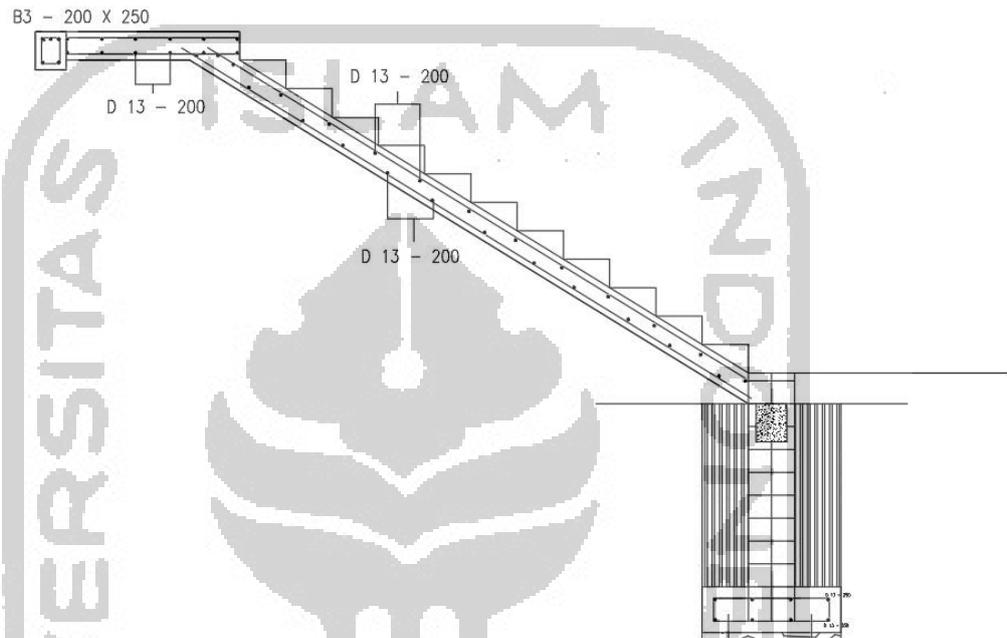
Dengan ketentuan $Asw > As \text{ perlu}$

Keterangan

- Fy = mutu tulangan ulir
- Fyw = mutu tulangan wiremesh
- As = luas tulangan konvensional
- Asw = luas tulangan wiremesh
- S = jarak tulangan

3.6 Desain Tangga

Pada struktur tangga tidak mengubah desain dari desain yang telah ada, perubahan dilakukan pada material anak tangga yang semula digunakan cor beton diubah menjadi bata. Desain struktur tangga dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut



Gambar 3.9 potongan detail tangga pada struktur ekisting

Sumber: tim perencana proyek pembangunan gedung pemeriksa inspektur Daerah Sleman.