

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Rekayasa Nilai dan Dasar Pemikirannya

Untuk mendefinisikan Rekayasa Nilai secara tepat terdapat berbagai pendapat yaitu :

1. Menurut Larry. W. Zimmerman P.E dan Glen. D. Hart,

“Value Engineering is a proven management technique using a systematized approach to seek out the best functional balance between the cost, reliability, and performance of a product or a project. The program seeks to improve the management capability of people and to promote progressive change by identifying and removing unnecessary cost”.

Artinya,

Rekayasa Nilai adalah suatu teknik manajemen yang mencoba menggunakan pendekatan sistematis untuk mencari keseimbangan fungsi yang terbaik antara biaya, kinerja, dan penampilan dari suatu produk atau

proyek. Program ini adalah untuk memperbaiki kemampuan manajemen dan meningkatkannya dengan mengidentifikasi dan mengurangi biaya yang tidak diperlukan.

2. Menurut Lawrence. D. Miles.

“It's an Organized creative approach that has for it's purpose the efficient identification of unnecessary cost, i.e, cost that provides neither quality nor use nor life nor appearance nor costumer features.

Artinya.

Suatu pendekatan kreatif yang terorganisasi bertujuan untuk mengidentifikasi biaya yang tidak perlu, biaya yang tidak perlu ini tidak memberikan mutu, kegunaan, mengurangi penampilan yang tidak diinginkan konsumen.

3. Menurut Edward. D. Heller.

“Value Engineering is the consciuos, systematic application of a set of techniques that identify needed functions, establish values for them, and developed alternatives to perform these functions for minimum cost.

Artinya :

Rekayasa Nilai adalah suatu kesadaran, penerapan teknik-teknik yang tersusun secara sistematis ditujukan untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi yang diinginkan dengan biaya yang minimal.

4. Menurut Alphonse J. Dell'Isola

“Value Engineering is a systematic approach to obtaining optimum value for every dollar spent. Through a system of investigation unnecessary expenditures are avoided, resulting in improved value and economy.

Artinya :

Rekayasa nilai adalah suatu pendekatan yang sistematis untuk memperoleh suatu nilai yang optimum untuk setiap dolar yang dihabiskan. Melalui sistem investigasi menghindari biaya yang tidak diinginkan, yang bertujuan untuk meningkatkan nilai dan ekonomi.

Dari berbagai pendapat tersebut dapat diambil suatu pengertian bahwa rekayasa nilai adalah suatu teknik manajemen yang menggunakan pendekatan sistematis, kreatif dan usaha yang terorganisir yang diarahkan untuk menganalisa fungsi dari suatu sistem dengan tujuan untuk mencapai fungsi yang diperlukan dengan biaya yang serendah-rendahnya, akan tetapi masih sesuai dengan batasan fungsional dan teknik yang berlaku sehingga hasilnya tetap menjamin keandalan suatu proyek atau produk tersebut.

Dasar pemikiran yang mendasari perlunya rekayasa nilai adalah bahwa disetiap kegiatan konstruksi selalu terdapat biaya-biaya yang tidak perlu, biaya tersebut tidak terlihat atau disadari oleh pemilik, perencana, maupun pelaksana kegiatan tersebut. Hal-hal yang menyebabkan terjadinya biaya-biaya tersebut adalah :

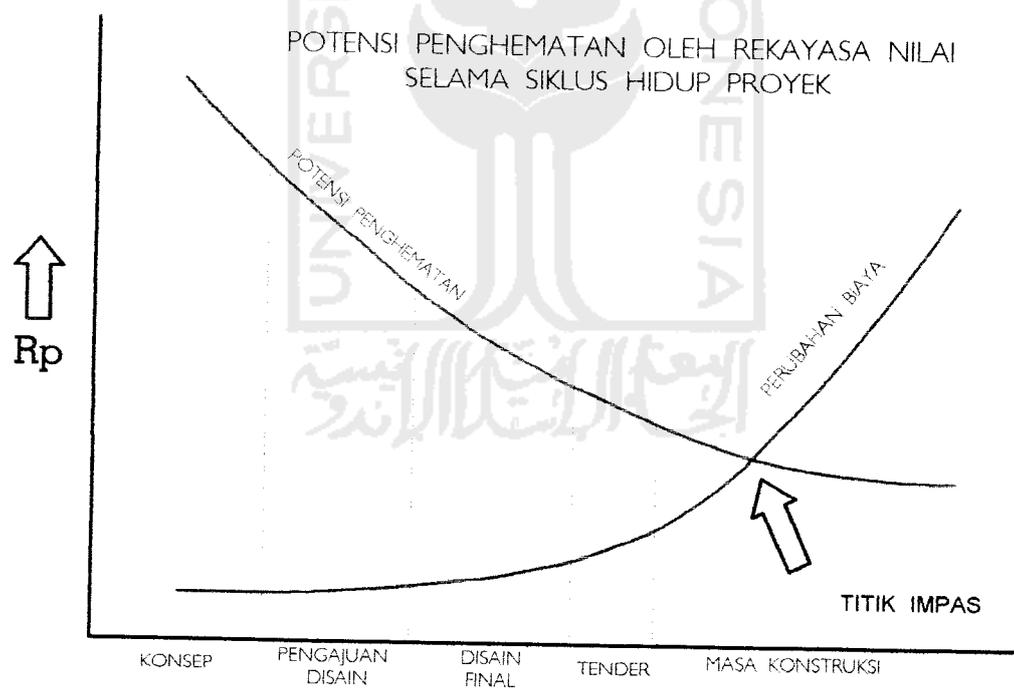
1. Sempitnya waktu yang disediakan untuk proses perencanaan.
2. Kekurangan dan kesenjangan informasi.
3. Kurangnya kreatifitas dalam mengembangkan gagasan-gagasan baru.
4. kurang tepatnya konsepsi.
5. Kebiasaan kurang tanggapnya terhadap perubahan atau perkembangan.
6. Kebijaksanaan-kebijaksanaan dari pelaku birokrasi dan keadaan politik
7. Enggan mendapat saran.

Melihat keadaan masalah-masalah tersebut maka kebutuhan akan program rekayasa nilai sangat diperlukan disebabkan oleh :

- a. Biaya konstruksi yang meningkat.
- b. Kurangnya sumber dana dalam pembangunan.
- c. Suku bunga yang tinggi.
- d. Inflasi yang meningkat setiap tahun.
- e. Kemajuan teknologi yang semakin pesat.
- f. Terjadinya persaingan ketat hampir di semua bidang kegiatan.

3.2 Waktu Penerapan Rekayasa Nilai

Secara teoritis penerapan rekayasa nilai dapat diterapkan setiap waktu selama berlangsungnya proyek tersebut (Chandra.S), dari awal hingga selesainya proyek tersebut, bahkan dapat juga diterapkan pada saat penggantian (“replacement”). Namun dalam setiap memulai suatu pekerjaan penerapan rekayasa nilai harus dilihat saat yang paling tepat yang berpotensi mempunyai hasil yang maksimal, gambaran tentang penghematan selama berlangsungnya proyek dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar. 3.1 Potensi Penghematan Oleh Rekayasa Nilai

Dari gambaran tersebut dapat disimpulkan bahwa pada tahapan konsep terdapat potensi penghematan terbesar, pengalaman menunjukkan bahwa dengan berakhirnya tahapan konsep 70 % dari biaya konstruksi telah tertentu (Chandra.S), dimana pada saat itu saat yang tepat untuk mengadakan perubahan-perubahan tanpa menimbulkan biaya tambahan untuk disain ulang. Dari gambar tersebut terlihat garis potensi penghematan akan semakin turun, dimana dengan berkembangannya proses proyek tersebut biaya-biaya yang ada akan semakin naik sedangkan potensi penghematan habis ditelan oleh biaya untuk mengadakan perencanaan baru dan pelaksanaan proyek tersebut.

3.3 Analisa Fungsional

Fungsi adalah suatu pendekatan untuk mendapatkan suatu nilai tertentu, pendekatan fungsi dalam rekayasa nilai adalah apa yang memisahkannya dari teknik reduksi biaya yang lain. Konsep dari fungsi digunakan dalam rekayasa nilai untuk mendapatkan tujuan dari ringkasan pernyataan tertentu, seperti dalam penentuan biaya proyek perlu diketahui terlebih dahulu apa penggunaan dari masing-masing jenis pekerjaan dan apa pula fungsinya.

Pengertian fungsi adalah dasar dari maksud suatu item. Fungsi ini berarti pula sebuah karakteristik yang membuat item itu dapat berjalan atau bernilai (Miles. L. D). Aplikasi dari fungsi dalam rekayasa nilai adalah analisa fungsi yang biasanya digambarkan dengan pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut :

- Apa tujuan proyek itu ?
- Apa fungsinya ?
- Berapa biayanya ?
- Berapa minimalnya ?
- Apakah ada alternatif dengan jenis pekerjaan yang sama ?
- Apakah ada alternatif biaya ?
- Adakah fungsi-fungsi yang bisa dihilangkan sebagian ?
- Apakah yang menyebabkan bisa dihilangkan ?
- Dan lain-lain .

Pernyataan-pernyataan tampak sederhana tetapi sulit untuk dijawab dan membutuhkan waktu untuk menjawabnya secara tepat dan benar apalagi proyek (obyek) yang ditinjau semakin besar, semakin sulit untuk dijawab.

Aplikasi fungsi dalam studi rekayasa nilai disebut analisis fungsi (Zimmerman & Hart). Proyek atau produk yang dievaluasi dengan fungsi di

diidentifikasi dengan dua kata. Kata benda dan kata kerja, kata benda dan kata kerja ini digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana suatu item bekerja. Kata kerja disini adalah kata kerja aktif, dan Kata benda disini adalah benda yang dapat diukur. Seperti dalam contoh ini, kabel listrik mempunyai fungsi mengalirkan arus. Disini “mengalirkan” adalah kata kerja, dan “arus” adalah kata benda. Dari pernyataan ini kita dapat menyusun daftar pertanyaan untuk dapat membantu kita mengidentifikasi fungsi adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana maksud dari proyek atau produk tersebut ?
2. Bagaimana untuk cara melakukan ?
3. Berapa biayanya ?
4. Berapa nilai terendah untuk menyediakan fungsi yang diperlukan ?
5. Apakah ada alternatif yang lain untuk melakukan pekerjaan yang sama ?
6. Berapakah biaya alternatif tersebut.

Dengan menjawab pertanyaan tersebut diharapkan terdapat pendekatan yang lebih terarah dalam mengidentifikasi suatu item.

Cara lain mengenai pendekatan fungsional membantu pemikiran yang lebih dalam tentang proyek adalah mengklasifikasikan fungsi dalam 2 jenis yaitu :

1. Fungsi Dasar (primer)

Suatu fungsi yang merupakan tujuan utama dan harus dipenuhi

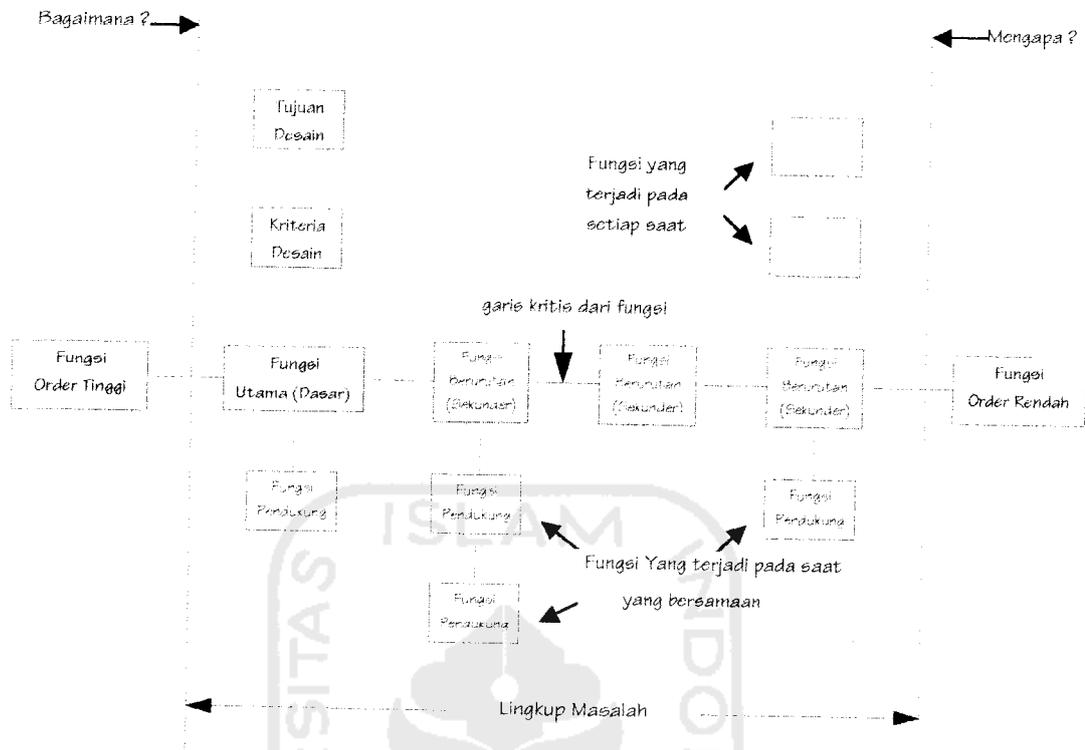
2. Fungsi Penunjang (sekunder)

Suatu fungsi penunjang dari fungsi utama.

Keuntungan dari pendekatan analisa fungsi adalah membantu dalam mempertemukan ide-ide yang lebih baik dalam mengatasi keraguan-keraguan, membantu dalam pemikiran yang lebih mendalam.

Cara yang dianggap paling efektif dalam analisis rekayasa nilai adalah "FAST" ("Functional Analysis System Techniques"), teknik analisa ini diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Charles W. Bytheway seorang ahli rekayasa nilai pada "UNIVAC" di Salt Lake City Amerika Serikat (Zimmerman & Hart). "FAST" adalah suatu metode untuk menganalisis, mengorganisir, dan mencatat fungsi-fungsi dari suatu proses yang rumit dari suatu item agar dapat menjelaskan, menerangkan, dan menyederhanakan proses dari item tersebut dalam bagian-bagian yang dapat teridentifikasi. Contoh diagram "FAST" dapat dilihat pada gambar berikut ini :

ATURAN DASAR DIAGRAM "FAST"



Gambar. 3.2 Diagram Aturan Dasar FAST

3.4 Pengertian Berpikir Kreatif

Didalam Rekayasa Nilai kreatifitas adalah sangat penting, dimana dalam tahap ini adalah menggunakan imajinasi berdasarkan pengetahuan dari inovasi kreatifitas dengan memformulasikan kombinasi dari bahan, sistem, proses 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 sering

dihubungkan dengan pengembangan suatu pikiran atau pendapat ataupun konsep baru, dalam berpikir kreatif ini tidak ada halangan untuk mengeluarkan ide-ide yang aneh semua dilakukan dengan terbuka.

Karakteristik kreatifitas untuk mengembangkan suatu sikap yang tepat sebelum memasuki teknik pemecahan masalah mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

1. Tingkat motivasi yang tinggi, dimana didalamnya terdapat keinginan, antusias, berani menghadapi tantangan yang kompleks.
2. Mempunyai fleksibilitas berpikir.
3. Mempunyai sensitifitas yang besar dalam menghadapi masalah.
4. Mempunyai ide-ide baru, berpandangan luas dalam mengkombinasikan ide-ide.
5. Terbuka untuk menerima segala perubahan.
6. Mempunyai toleransi untuk mempertimbangkan hal-hal yang mempunyai arti sama.

3.5 Analisis Keuntungan-Kerugian

Dalam tahap penilaian, dilakukan evaluasi terhadap sejumlah ide kreatif yang terpilih dalam tahapan kreatif, evaluasi ini dilakukan untuk

menentukan sejumlah pilihan terbaik untuk dipelajari lebih lanjut dan yang mempunyai potensi terbesar untuk penghematan digunakan analisa keuntungan dan kerugian.

Analisa keuntungan dan kerugian merupakan tahap penyaringan yang paling kasar diantara metode yang dipakai dalam tahap penilaian (Tadjuddin), sistim penilaian diberikan secara bersama-sama oleh tim rekayasa nilai, hasil dari penilaian ini selanjutnya akan dianalisis dengan analisis tingkat kedua yaitu dengan metode analisis matrik. Penilaian tim harus didasarkan atas tingkat pengaruhnya pada biaya secara keseluruhan.

Dalam analisa untung rugi kriteria yang dapat dinilai dan dapat dipakai untuk menganalisis setiap pekerjaan yaitu biaya awal, waktu pelaksanaan, daya dukung, mudahnya pelaksanaan, mungkin diimplementasikan pada kondisi setempat dan keadaan struktur, pabrikasi, Dalam memberikan penilaian atas kriteria-kriteria yang ditinjau harus ditentukan dulu salah satu kriteria, kemudian baru menentukan kriteria lain secara relatif terhadap kriteria tadi.

Kriteria utama yang dipandang sangat penting diberi nilai 3 (tiga) untuk kriteria awal, sedang kriteria lain ditetapkan secara relatif. Nilai kriteria diberikan secara rinci sebagai berikut :

- a. biaya awal (nilai 3)

karena titik berat dalam studi rekayasa nilai adalah peghematan biaya maka faktor biaya adalah yang utama (terpenting).
- b. daya dukung (nilai 2,5)

Kemampuan suatu bagian komponen konstruksi dalam mendukung beban sangat penting peranannya dalam keamanan suatu konstruksi.
- c. waktu pelaksanaan (nilai 2)

Semakin banyak tahapan dalam pelaksanaan, maka akan semakin banyak menyita waktu dalam penyelesaian.
- d. Kemungkinan diterapkan (nilai 1)

Suatu metode akan dapat diterapkan bila sesuai dengan kondisi setempat serta atau menurut aturan-aturan yang diberlakukan.
- e. pabrikasi (nilai 1)

Kualitas suatu bahan akan lebih terjamin bila diproduksi oleh pabrik, sehingga akan memberikan kepastian hasil hitungan konstruksi.
- f. pelaksanaan konstruksi (mudah/sulit) (nilai 1/2)

Semakin mudahnya pelaksanaan akan membantu mempercepat penyelesaian proses konstruksi.

Nilai kriteria secara rinci diberikan sebagai berikut :

a. biaya awal	= 3
b. daya dukung	= 2,5
c. waktu pelaksanaan	= 2
d. kemungkinan diterapkan	= 1
e. pabrikan	= 1
f. pelaksanaan konstruksi (mudah/sulit)	= ½
<hr/>	
Total	= 10

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 (+) dari nilai kriteria tersebut dan sebaliknya jika dikolom kerugian mendapat nilai negatif (-) setelah ide kreatif diberi nilai, lalu dijumlahkan. Jumlah nilai komponen / ide kreatif tersebut antara (-10) dan (+10).

3.6 Analisis Kelayakan

Analisis tingkat kelayakan adalah salah satu cara lain menyeleksi/menilai masing-masing ide kreatif yang diajukan, hasil dari penyaringan ini dipilih beberapa alternatif yang mempunyai nilai tertinggi

dalam penilaian tahap ini untuk diajukan dalam analisis matriks, kriteria-kriteria yang umum dipakai dalam analisis tingkat kelayakan adalah sebagai berikut :

- a. Biaya pengembangan, yang berkaitan dengan :
 - biaya perancangan kembali,
 - biaya pemesanan kembali,
 - biaya pengembangan kembali.
- b. penggunaan teknologi, yaitu yang berkaitan dengan :
 - teknologi baru atau teknologi yang sudah biasa dilakukan (lama),
 - sumber daya manusia dan perangkat kerasnya.
- c. kemungkinan penerapan, berkaitan dengan kemungkinan :
 - diterima oleh pemilik proyek,
 - sesuai dengan kondisi lapangan, keamanan struktur, dan sebagainya.
- d. waktu pelaksanaan, berkaitan dengan :
 - waktu perancangan kembali,
 - waktu pemesanan kembali,
 - lama pabrikasinya,
 - lama pelaksanaan dilapangan.
- e. keuntungan biaya potensial, yang berkaitan dengan :

- penghematan biaya awal ,
 - penghematan biaya selama siklus hidup .
- f. sarana alat kerja, yang berkaitan dengan :
- banyak sedikitnya alat kerja, mudah tidaknya dioperasikan, serta mudah tidaknya pengadaan peralatan kerja.

Kriteria tersebut diberi nilai antara 0 - 10 seperti pada

- a. penggunaan teknologi,
- teknologi baru = 0
 - teknologi biasa = 10
- b. biaya pengembangan,
- tanpa biaya = 10
 - biaya tinggi = 0
- c. kemungkinan diterapkan,
- kemungkinan diterapkan = 10
 - tidak mungkin = 0
- d. waktu pelaksanaan,
- waktu singkat = 10
 - waktu lama = 0
- e. keuntungan biaya potensial,
- keuntungan potensial = 10

- tanpa keuntungan = 0

f. Sarana alat kerja ,

- sedikit alat kerja, mudah dioperasikan,
mudah didapatkan. = 10
- banyak alat kerja, sulit dioperasikan,
sulit didapatkan. = 0

setiap kriteria pada tempat kelayakan diberi nilai. Kemudian nilai-nilai tersebut dijumlahkan untuk setiap alternatif. Alternatif yang mempunyai nilai tertinggi diberi urutan atau ranking 1, nilai berikutnya yang lebih rendah diberi urutan 2 dan seterusnya. Bila ada dua alternatif atau lebih yang mempunyai nilai sama, maka urutan akan sama. Kemudian dipilih beberapa alternatif yang mempunyai urutan tertinggi .

3.7 Analisis Matrik

Tujuan dari analisis matrik adalah untuk menilai masing-masing dari ide kreatif pondasi. Dimana analisis ini merupakan seleksi penilaian tahap kedua dari dua sistem analisis penilaian sebelumnya yaitu analisis untung rugi dan analisis kelayakan.

Kriteria-kriteria yang digunakan untuk analisis matrik, akan dilakukan konsultasi dengan para ahli tentang pondasi serta standar yang umum dipakai untuk disain pondasi. Kriteria hasil konsultasi harus diuji dan diberi nilai, untuk uji dan pembobotan dipakai metode hirarki analitis. Masing-masing kriteria mempunyai bobot hasil dari proses hirarki analitis, yang mempunyai bobot skala sebagai berikut :

- 4 = Excelent (Baik sekali)
- 3 = Good (Baik)
- 2 = Fair (Wajar)
- 1 = Poor (Rendah/Jelek)

Proses hirarki analitis adalah suatu model yang luwes yang memberikan kesempatan bagi perseorangan atau kelompok untuk membangun gagasan dan mendefinisikan persoalan-persoalan dengan cara membuat asumsi-asumsi dan memperoleh pemecahan yang dikemukakan (Tajuddin).

Proses Hirarki Analitis (PHA) dikembangkan oleh L. Saaty, seorang matematikawan dari Universitas Pittsburgh. PHA merupakan alat yang luwes yang memungkinkan kita mengambil keputusan dengan mengkombinasikan data obyektif dan data subyektif secara logis. Data obyektif adalah fakta

ataupun atau data-data numerik hasil perhitungan, sedang data subyektif didasari pendalaman dan pengalaman.

Ada tiga prinsip dalam memecahkan persoalan dengan PHA yaitu :

a. Penyusunan struktur hirarki

Hirarki adalah pemecahan masalah menjadi elemen-elemen yang terpisah menurut tingkat kepentingan. Penyusunan hirarki berhubungan dengan pengidentifikasian elemen-elemen suatu masalah, mengelompokkan elemen-elemen dalam kelompok yang homogen, dan mengatur kelompok-kelompok ini dalam tingkatan yang berbeda. Tingkat teratas dari suatu hirarki hanya berisi satu elemen yaitu tujuan pokok yang dinamakan fokus. Tingkat berikutnya berisi elemen yang lebih spesifik yang merupakan uraian dari tingkat di atasnya.

b. Penentuan prioritas.

Prioritas adalah besar kecilnya kontribusi suatu elemen untuk mencapai tujuan, langkah pertama dalam menetapkan prioritas adalah dengan menetapkan prioritas elemen-elemen dalam penilaian yang berpasangan, yaitu dibandingkan berpasangan terhadap suatu kriteria yang ditentukan. Perbandingan berpasangan dibentuk menjadi matrik bujur sangkar dengan ordo yang sesuai dengan jumlah elemen dalam tingkatan tersebut. Pendekatan matrik ini unik karena dapat mewakili aspek prioritas, yaitu

lebih penting, sama penting, dan kurang penting. Dalam penilaian perbandingan berpasangan digunakan skala penilaian sebagai berikut :

Tabel. 3. 1 Skala banding secara berpasangan.

Tingkat kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Kedua elemen memberikan kontribusi yang sama terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen yang lain	Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong satu elemen atas elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu esensial / sangat penting ketimbang elemen yang lainnya.	Pengalaman dan perhitungan dengan kuat menyokong satu elemen atas elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya	Satu elemen dengan kuat disokong, dan dominannya terlihat dalam praktik
9	Satu elemen mutlak lebih penting ketimbang elemen yang lainnya.	Bukti yang menyokong elemen yang satu atas yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan.
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua pertimbangan yang berdekatan	Kompromi diperlukan antara dua pertimbangan
catatan: Kebalikannya bila elemen i mendapat nilai n dibandingkan dengan elemen j, maka elemen j mendapat nilai $\frac{1}{n}$ bila dibandingkan faktor i		

Untuk memulai proses perbandingan berpasangan dibentuk menjadi matrik bujur sangkar sesuai dengan elemen-elemen dari tingkat hirarkinya. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan, yaitu dimulai pada puncak hierarki untuk memilih kriteria atau sifat yang digunakan untuk melakukan perbandingan yang pertama. Tingkat diba-

wah diambil dari elemen-elemen $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3$. Lebih jelas tentang matrik perbandingan berpasangan dapat dilihat pada tabel 3. 2.

Tabel. 3.2 Matrik Perbandingan Berpasangan

X	Λ_1	Λ_2	Λ_3
Λ_1	1	2	3
Λ_2	$\frac{1}{2}$	1	2
Λ_3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1

Bandingkan elemen Λ_1 dalam kolom kiri dengan elemen-elemen $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3$ yang terdapat pada baris atas dengan sifat X di sudut atas. Kemudian elemen kolom Λ_2 dibandingkan dengan elemen baris atas, begitu dan seterusnya sampai elemen terakhir. Untuk mengisi matrik banding berpasangan harus menggunakan bilangan yang menggambarkan relatif pentingnya suatu elemen terhadap elemen lainnya yang berhubungan dengan sifat tersebut. Bilangan tersebut berkisar antara 1 sampai dengan 9. Semua pertimbangan diterjemahkan secara numerik adalah merupakan perkiraan belaka. Kesahihannya dapat dievaluasi dengan suatu uji konsistensi .

C. Menguji Konsistensi Data

Kesahihan data dapat diketahui dengan uji konsistensi data, yaitu dengan nilai rasio konsistensi (CR). Data dapat dikatakan konsisten bila nilai CR lebih kecil atau sama dengan 0,10 dan apabila $CR > 0,10$ 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 matriks vektor prioritas (eigen vektor) adalah elemen matrik I dibagi dengan jumlah total matrik I. Contoh hitungan dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Matrik Perbandingan Berpasangan	Matrik I	Vektor Prioritas
$\begin{bmatrix} X & A_1 & A_2 & A_3 \\ A_1 & 1 & 2 & 3 \\ A_2 & 1/2 & 1 & 2 \\ A_3 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1,8171 \\ 1,0000 \\ 0,5504 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0,5396 \\ 0,3002 \\ 0,1652 \end{bmatrix}$
	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> Jumlah 3,3675	

Gambar. 3.3 Matrik perbandingan berpasangan, Matrik I, Vektor prioritas

Sedangkan nilai prioritas (eigen value), didapatkan dengan cara matrik perbandingan berpasangan dikalikan dengan vektor prioritas sehingga didapat

matrik II. Elemen pada matrik II dibagi dengan elemen vektor prioritas didapat nilai prioritas. Nilai vektor maksimum adalah harga rata-rata dari matrik nilai prioritas (λ).

Matrik Perbandingan Berpasangan	Vektor Prioritas	Matrik II
$\begin{bmatrix} X & A_1 & A_2 & A_3 \\ A_1 & 1 & 2 & 3 \\ A_2 & 1/2 & 1 & 2 \\ A_3 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$	$\times \begin{bmatrix} 0,5396 \\ 0,3002 \\ 0,1652 \end{bmatrix}$	$= \begin{bmatrix} 1,6356 \\ 0,9004 \\ 0,4952 \end{bmatrix}$

Gambar.3.4 Perkalian matrik perbandingan berpasangan dengan matrik vektor prioritas.

Matrik II	:	Vektor prioritas	=
$\begin{bmatrix} 1,6356 \\ 0,9004 \\ 0,4952 \end{bmatrix}$	$:$	$\begin{bmatrix} 0,5396 \\ 0,3002 \\ 0,1652 \end{bmatrix}$	$= \begin{bmatrix} 3,0311 \\ 2,9993 \\ 2,9978 \end{bmatrix}$
$\Sigma = 9,0282$			

$$\lambda = \frac{9,0282}{3} = 3,0094$$

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n - 1)} = \frac{(3,0094 - 3)}{(3 - 1)} = 0,0047$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,0047}{0,58} = 0,0081 < 0,1$$

kesimpulannya penilaian matrik berpasangan konsisten.

Random indeks (RI) adalah indeks random yang menyatakan besarnya koreksi terhadap indeks konsistensi pada nilai matrik perbandingan.

CR = Consistency Ratio,

CI = Consistency Indeks,

λ = nilai prioritas maksimum,

n = jumlah faktor/elemen dalam matrik.

Tabel.3.3 Indeks random value

N	1	2	3	4	5	6	7
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32
8	9	10	11	12	13	14	15
1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,58	1,12	1,59

3.8 Pengertian “Life Cycle Cost” (Biaya Siklus Hidup)

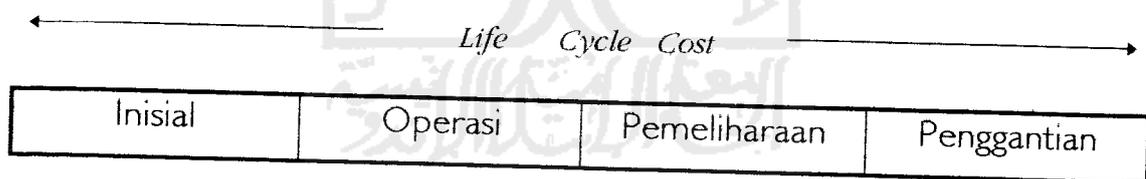
Didalam menyusun anggaran suatu proyek yang harus dibuat terlebih dahulu adalah membuat estimasi anggaran biaya, kemudian dengan analisa fungsi didalam studi rekayasa nilai didapatkan beberapa alternatif yang kesemuanya mengeliminasi biaya-biaya yang tidak perlu dan akhirnya dapat mereduksi biaya proyek.

Dalam mengevaluasi kriteria mana yang harus diambil demi menghemat biaya, perlu diperhatikan dasar-dasar pertimbangan sebagai berikut :

1. Kemungkinan penghematan yang cukup berarti.
2. Terdapatnya sumber daya dan waktu yang cukup.

3. Kemungkinan adanya pengembangan alternatif "life cycle cost" yang lebih rendah.
4. Mungkin untuk dilaksanakan.
5. Data kebutuhan proyek yang kurang lengkap
6. Data biaya untuk "life cycle cost" yang belum bisa diestimasi, seperti biaya operasi, penggantian, perawatan.

Oleh karena studi rekayasa nilai untuk bidang konstruksi harus ada metode yang sistematis untuk mencapai total biaya yang optimal dari suatu proyek untuk waktu tertentu. Total biaya disini berarti biaya ultimatum atau biaya yang dapat dipertanggungjawabkan ("reasonable") dari pekerjaan konstruksi, operasi, pemeliharaan dan penggantian alat atau barang didalam suatu periode yang disebut "Life Cycle Cost" seperti tergambar dibawah ini :



Gambar.3.5 Biaya Siklus Hidup

"Life cycle cost" adalah total biaya ekonomis, biaya yang dimiliki dan biaya operasi suatu fasilitas, proses manufaktur atau produk. Analisa "Life cycle cost" sendiri menggambarkan nilai sekarang dan nilai yang akan datang

(“present dan future cost”) dari suatu proyek selama umur manfaat proyek itu sendiri. “Life cycle cost” dipakai sebagai alat bantu dalam analisa ekonomi untuk mencari alternatif berbagai kemungkinan atau faktor dalam pengambilan keputusan. Prinsip-prinsip ekonomi yang dipakai dalam “Life Cycle Cost” yaitu :

1. Biaya sekarang (“Present Value”).
2. Biaya dikemudian hari (“Future cost”).

Jenis-jenis yang termasuk biaya dalam “Life Cycle Cost” adalah :

1. Biaya investasi
2. Biaya pemilikan
3. Biaya rekayasa (perencanaan, disain dan pengawasan)
4. Biaya perubahan disain.
5. Biaya administrasi
6. Biaya penggantian
7. Biaya operasi
8. Biaya pemeliharaan.
9. Biaya beban bunga yang dbebankan selama proyek.

Penggunaan “Life Cycle Cost” sebagi alat bantu dalam proses pengambilan keputusan dan sensitifitas terhadap biaya operasi merupakan

suatu rangkaian perhitungan dengan memperhatikan faktor-faktor ekonomi dan moneter yang saling berhubungan satu sama lain.

3.8.1 Konsep Nilai Waktu Uang (“Time Value Of Money”)

Kalau seseorang ditanyakan mana yang lebih disukai menerima Rp 100 saat ini atautkah menerima Rp 100 nanti (misal 1 tahun lagi). Meskipun penerimaan tersebut pasti sifatnya, artinya dia pasti menerima saat ini atau nanti, bisa diduga dia akan lebih suka menerima jumlah yang sama pada saat ini daripada nanti. Sebaliknya kalau kita harus membayar Rp 100 saat ini atau Rp 100 nanti, maka tentunya lebih senang untuk membayar nanti, apabila jumlahnya sama.

Contoh tadi menunjukkan bahwa sebenarnya kita menghargai uang secara berbeda, apabila waktunya tidak sama. Dengan kata lain kita mengakui bahwa uang mempunyai nilai waktu. Kita selalu menyukai Rp.100 saat ini daripada nanti, karena kita menganggap bahwa nilai sekarang dari Rp.100 saat ini adalah *lebih besar* daripada nilai sekarang Rp 100 nanti. Sebaliknya kalau kita membayar, kita lebih suka membayar nanti, karena kita menyadari bahwa Rp.100 nanti nilainya lebih kecil daripada Rp. 100 saat ini. Inilah yang disebut konsep nilai waktu uang (“Time Value Of Money”).

3.8.2 Konsep Present Value

Karena suatu investasi menyangkut pengeluaran saat ini atau sekarang untuk mendapatkan penghasilan pada waktu yang akan datang, maka pemahaman tentang nilai waktu uang menjadi lebih penting. Apalagi bila investasi modal tersebut mempunyai pengaruh jangka panjang, maka semakin penting pula konsep nilai waktu uang itu.

Pada dasarnya nilai waktu uang ("time value of money") menyatakan bahwa setiap individu berpendapat bahwa nilai saat ini ("present value"/"worth") adalah lebih berharga dari pada saat nanti. Lebih suka membayar jumlah yang sama pada waktu nanti dari pada saat ini.

Sebagai ilustrasi para investor akan lebih suka suatu proyek yang memberikan keuntungan setiap tahun, mulai dari tahun pertama sampai dengan ketiga, daripada proyek yang memberikan keuntungan yang sama tetapi mulai tahun ke-empat sampai dengan ke-enam.

Dengan demikian waktu daripada aliran kas yang diharapkan dimasa yang akan datang merupakan hal yang penting bagi rencana investasi tersebut.

Konsep ini lebih dikenal dengan istilah konsep nilai sekarang atau present value dan didalam pemakaian rekayasa nilai dikenal dengan nama present worth.

3.8.3 Dasar-dasar Perhitungan Present Value

“Present Value” (PV) atau “Present Worth” (PW) dapat dihitung jika perhitungan PV, untuk investasi digunakan anggapan bahwa tingkat bunga yang relevan setiap tahunnya adalah sama atau tetap.

Perhitungan PV ini secara umum dapat dituliskan sebagai berikut :

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{At}{(1+i)^t} \text{ atau } PV = \sum_{n=1}^n \frac{An}{(1+i)^n} \text{ bila } t \rightarrow n \dots\dots\dots 3.1)$$

dimana : At = aliran yang diterima pada periode t

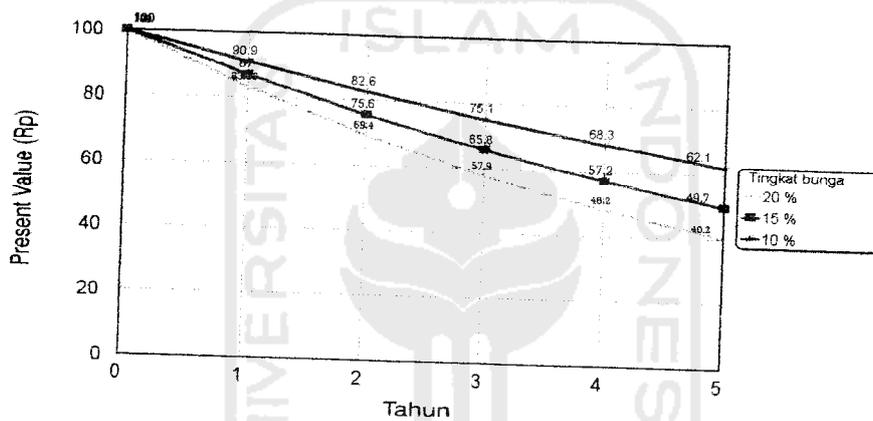
i = tingkat bunga

Jika pembayaran setiap tahun dalam jumlah yang sama, maka keadaan ini disebut sebagai faktor cicilan modal (“Capital Recovery Faktor”) dengan rumus sebagai berikut :

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots 3.2)$$

“CRF” dapat digunakan untuk menghitung besar pengembalian dari beban hutang secara periodik untuk n tahun dengan beban bunga sebesar i .

Contoh perhitungan untuk mengetahui “Present Value” (PV) bila $i = 10\%$, 15% , dan 20% pertahun dari uang Rp. 100 dalam lima tahun.



Gambar 3.6 “PV” dari Rp. 100 untuk lima tahun kemudian

3.9 Penggunaan Present Value pada Rekayasa Nilai dalam analisa proyek

Tujuan analisis proyek adalah untuk memperbaiki pemilihan investasi, karena sumber-sumber yang tersedia bagi pembangunan adalah terbatas. Aspek yang paling penting dalam mengevaluasi suatu proyek adalah aspek

finansial dan analisis ekonomi disamping aspek lainnya seperti aspek teknis, aspek manajerial, aspek organisasi, dan aspek komersil (Clive Gray, Kadariah, Lien Karlina).

Penggunaan "present value" pada aplikasi rekayasa nilai dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Penggunaan dilakukan dalam tahap pengembangan ("Development phase") pada "Life Costing".
2. Pada bagian pertama dihitung biaya investasi atau biaya konstruksi ("initial cost") ditambah biaya operasi dan pemeliharaan ditambah penggantian ("O & M" dan "Replacement Cost"), kemudian hasilnya dikurangi dengan biaya investasi, biaya konstruksi, biaya operasi dan pemeliharaan dari usulan pertama dan kedua, hasilnya disebut dengan inisial saving atau penghematan saat itu (present saving).
3. Pada bagian kedua menganualisasikan biaya investasi ("initial"), biaya penggantian ("replacement") dan ditambah biaya aktual dari operasi dan pemeliharaan, baik untuk disain asal maupun disain alternatif lainnya. Kemudian dikalikan dengan faktor cicilsn bagi beban hutang selama preiode tertentu ("CRF"), hasil untuk disain awal dikurangi dengan disain usulan pertama disebut penghematan tahunan ("annual saving) untuk

disain usulan pertama, selanjutnya dihitung pula penghematan tahunan untuk disain usulan kedua. Sehingga dari hasil perhitungan ini sebagai rekomendasi adalah berupa nilai penghematan (saving) diukur selama siklus hidup proyek.

