

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Rekayasa Nilai

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 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 peningkatannya 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 identifications 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.

Dari berbagai pendapat tersebut dapat diambil suatu pengertian bahwa rekayasa nilai adalah suatu usaha pendekatan yang sistematis, kreatif dan usaha 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 :

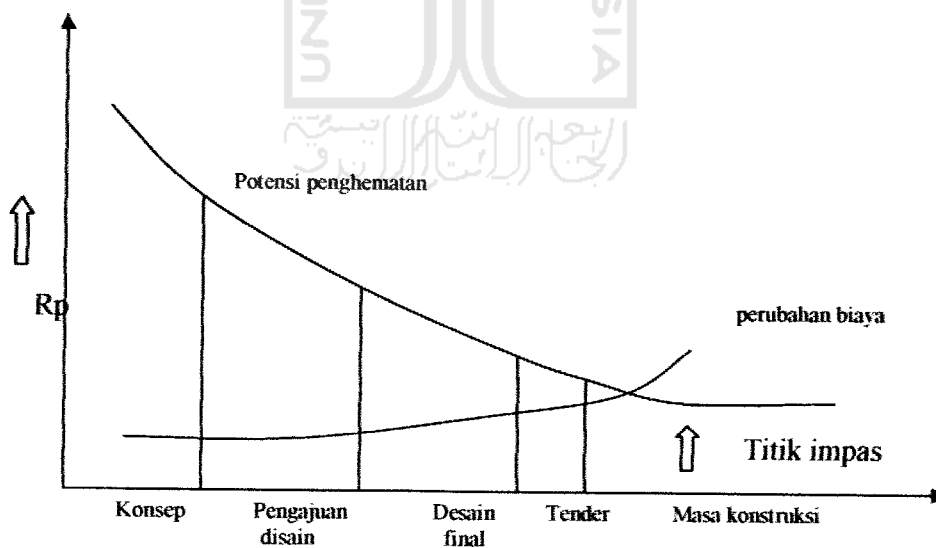
1. Kurangnya waktu untuk proses perencanaan
2. Kekurangan Informasi Teknologi Baru
3. Kurangnya kreatifitas dalam mengembangkan ide-ide baru
4. Konsep yang kurang tepat
5. Kebiasaan kurang tanggapnya terhadap perubahan atau perkembangan
6. Keadaan dan kebijaksanaan politik yang tidak menentu
8. Sikap keengganan mendapatkan saran

3.2 Tujuan Rekayasa Nilai

Tujuan dari rekayasa nilai adalah memperoleh suatu produk atau bangunan yang seimbang antara fungsi-fungsi yang dimiliki dengan biaya yang dikeluarkan dengan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu, tanpa harus mengorbankan mutu, keandalan, performance, dari suatu produk atau bangunan tersebut.

3.3 Waktu Penerapan Rekayasa Nilai

Secara teoritis penerapan Rekayasa Nilai dapat diterapkan setiap waktu selama berlangsungnya proyek tersebut (Candra S. 1986), dari awal hingga selesai proyek, bahkan dapat pula 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 diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Potensi Penghematan Oleh Rekayasa Nilai

Gambar 3.1 memperlihatkan bahwa semakin dini rekayasa nilai diterapkan, semakin besar penghematan biaya yang mungkin diperoleh karena setiap perubahan yang dilakukan selalu menimbulkan biaya untuk melaksanakannya, juga sebaliknya dimana dengan berkembangnya 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.

3.4 Rencana Kerja Rekayasa Nilai

Proses pelaksanaan rekayasa nilai mengikuti suatu metodologi berupa langkah yang tersusun secara sistematis yang dikenal dengan rencana kerja Rekayasa Nilai. Urutannya adalah mendefenisikan masalah, merumuskan pendapat, kreativitas, analisis, dan penyajian. Terdapat bermacam-macam istilah di berbagai kepustakaan mengenai Rencana kerja Rekayasa Nilai, tetapi yang sering dijumpai adalah seperti pada Tabel 3.4.1. Kolom A disusun oleh L.D Miles, kolom B oleh DOD (*Departement of Defense – Amerika Serikat*), dan kolom C oleh Zimmerman dan Hart.

A (L.D Miles)	B (DOD)	C (Zimmerman & Hart)
1. Informasi	1. Informasi	1. Informasi
2. Spekulasi	2. Spekulasi	2. Kreatif
3. Analisis	3. Analisis	3. Analisis
4. Perencanaan	4. Pengembangan	4. Pengembangan
5. Eksekusi	5. Penyajian dan	5. Rekomendasi
6. Penyajian	tindak lanjut	

Tabel 3.1 Rencana kerja Rekayasa Nilai

Dari beberapa pendapat tersebut, pada dasarnya masing-masing tahapan memberikan pengertian yang sama. Karena banyaknya pendapat tentang tahapan dalam rekayasa nilai, maka dalam studi ini dipakai tahapan yang umum dilakukan pada setiap implementasi rekayasa nilai (*Zimmerman dan Hart*), yaitu dengan lima tahapan sebagai berikut :

3.4.1 Tahap informasi atau pengumpulan data ("*Information Phase*")

Adalah tahapan pengumpulan data atau informasi sebanyak mungkin yang berhubungan dengan desain proyek, informasi biaya, informasi teknis, dan lain sebagainya untuk disain alternatif yang diajukan agar didapat pengertian secara menyeluruh terhadap system, struktur atau bagian-bagian yang dilakukan studi rekayasa nilai.. Kemudian dibuat diagram analisis fungsi yaitu menguraikan tiap elemen sesuai dengan fungsinya masing-masing dimana dibuat klasifikasi mengenai fungsi utama dan fungsi sekunder.

Pemahaman akan Analisis Fungsional amat penting dalam mempelajari rekayasa nilai, karena fungsi akan menjadi obyek utama dalam hubungannya dengan biaya. 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.

Aplikasi dari fungsi dalam rekayasa nilai adalah analisa fungsi yang biasanya digambarkan dengan pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut :

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

Pertanyaan-pertanyaan 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.

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

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

Jawaban dari pertanyaan tersebut sangat membantu dalam merumuskan fungsi obyek atau gagasan yang sedang dikaji dan dikembangkan.

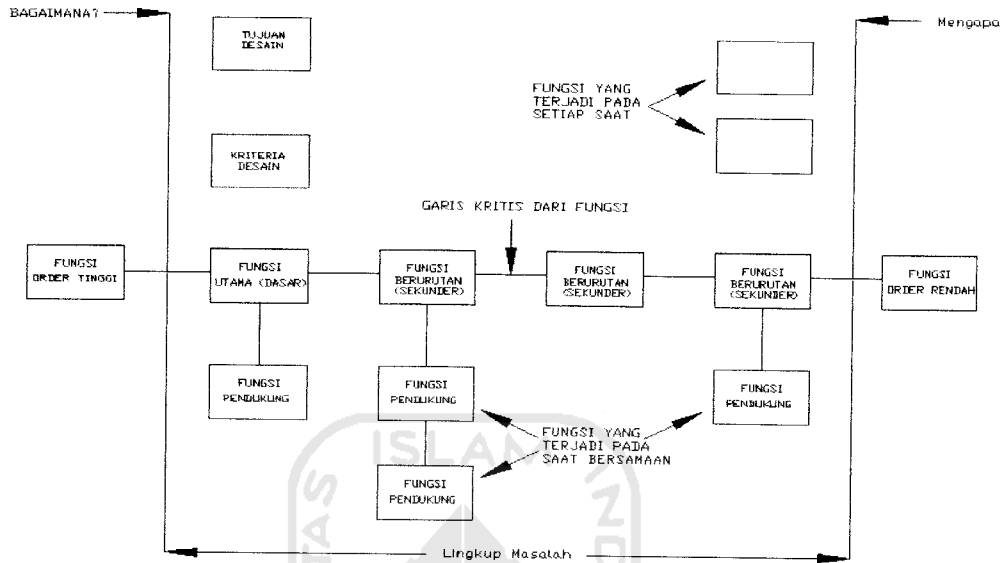
Cara lain mengenai pendekatan fungsional membantu pemikiran yang lebih dalam tentang proyek adalah mengklasifikasikan fungsi dalam 2 kategori yaitu :

1. Fungsi dasar, adalah suatu fungsi yang merupakan tujuan utama dan harus dipenuhi..
2. Fungsi kedua, adalah 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 :



Gambar 3.2 Diagram Aturan Dasar FAST

3.4.2 Tahap Kreatif ("*Creative Phase*")

Pada tahapan ini dikembangkan suatu pemikiran-pemikiran dan gagasan-gagasan baru yang kreatif dan inovatif untuk membuat alternatif baru tanpa meninggalkan fungsi dari dasar elemen yang ditinjau. Pada tahap kreatif pengembangan pemikiran ataupun gagasan-gagasan baru bebas dilakukan, sehingga dimungkinkan makin banyaknya ide-ide yang muncul.

3.4.3 Tahapan penilaian dan analisis ("*Judgement Phase*")

3.4.3.1 Analisis Untung Rugi

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

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

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

Dalam analisis 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.

Setelah kita membuat list dari kriteria-kriteria ini, maka langkah selanjutnya adalah membuat sebuah penilaian dalam bentuk skor 1-10 (*Larry W. Zimmerman & Glen D. Hart*). Setelah itu kita menskor kriteria-kriteria tersebut. Jika kriteria-kriteria tersebut cukup relevan maka kita berikan skor yang lebih. Bila ide-ide tersebut dirasakan tidak terlalu optimal, maka kita berikan skor yang lebih rendah.

Adapun kriteria-kriteria yang dipakai dalam analisis rekayasa pada dinding ini adalah sebagai berikut :

a. biaya awal

karena titik berat dalam studi rekayasa nilai adalah penghematan biaya maka faktor biaya adalah yang utama.

b. daya dukung

kemampuan suatu bagian komponen konstruksi dalam mendukung beban sangat penting peranannya dalam keamanan suatu konstruksi.

c. waktu pelaksanaan

semakin banyak tahapan pelaksanaan, maka akan semakin banyak menyita waktu dalam penyelesaian.

d. kemungkinan diterapkan

suatu metode akan dapat diterapkan bila sesuai dengan kondisi setempat serta menurut aturan-aturan yang diberlakukan.

e. pabrikasi

kualitas bahan akan lebih terjamin bila diproduksi oleh pabrik, sehingga akan memberikan kepastian hasil hitungan konstruksi.

f. mudah/sulit pelaksanaan konstruksi

semakin mudahnya pelaksanaan akan membantu mempercepat penyelesaian proses konstruksi.

g. Sarana/Alat kerja

Tersedianya Alat yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

h. Perkembangan teknologi

Penemuan atau perubahan teknologi yang terjadi dan dipakai dalam ilmu konstruksi.

Sistem penilaian dilakukan dengan membandingkan semua kriteria terhadap komponen yang ditinjau dari segi keuntungan dan kerugian. Apabila kriteria berada dalam keuntungan diberi nilai (+) dari nilai kriteria tersebut dan sebaliknya jika dalam kerugian mendapat nilai negatif (-) setelah ide kreatif diberi nilai, lalu dijumlahkan. Jumlah nilai komponen / ide kreatif tersebut antara (-10 dan (+ 10).

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

- a. biaya pengembangan, yang berkaitan dengan :
 - biaya perancangan kembali, yang berkaitan dengan :
 - biaya pemesanan kembali,
 - biaya pengembangan kembali,
- b. penggunaan teknologi
 - 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 kerja yang berkaitan dengan :
- banyak sedikitnya alat kerja, mudah tidaknya dioperasikan, serta mudah tidaknya pengadaan peralatan kerja.

Kriteria tersebut diberi nilai 0 – 10 seperti pada :

- a. penggunaan teknologi,
- teknologi biasa = 10
 - teknologi baru = 0
- 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 potemsial = 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 rangking 1, nilai berikutnya yang lebih rendah diberi urutan 2 dan seterusnya. Bilai dua alternatif atau lebih yang mempunyai nilai sama, maka urutan akan sama. Kemudian dipilih beberapa alternatif yang mempunyai urutan tertinggi.

3.4.3.2 Analisis Matrik

Tujuan dari analisis matrik adalah untuk menilai masing-masing dari ide kreatif. Dimana analisis ini merupakan seleksi penilaian tahap kedua dari 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 konstruksi 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 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 atau 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 elemen-elemen dalam penilaian yang berpasangan, yaitu dibandingkan berpasangan dibentuk menjadi matrik bujur sangkar dengan ordo yang sesuai dengan jumlah elemen dalam tingkatan tersebut. Pendekatan matrik ini unik karena mewakili aspek prioritas, yaitu lebih penting, sama penting. Dalam penilaian perbandingan berpasangan digunakan skala penilaian sebagai berikut :

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 lain
5	Elemen yang satu esensial/sangat penting ketimbang 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 domainnya 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 $1/n$ bila dibandingkan faktor i		

Tabel 3.2 Skala Banding Secara Berpasangan, Saaty (1991)

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 dibawah diambil dari elemen-elemen A1, A2, A3. Lebih jelas tentang matrik perbandingan berpasangan dapat dilihat pada tabel berikut:

X	A1	A2	A3
A1	1	2	3
A2	$\frac{1}{2}$	1	2
A3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1

Tabel. 3.4.3 Matrik Perbandingan berpasangan

Bandingkan elemen A1 dalam kolom kiri dengan elemen-elemen A1, A2, A3 yang terdapat pada baris atas dengan sifat X di sudut atas. Kemudian elemen kolom A2 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 matrik 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
X	A1	A2	A3		
A1	1	2	3	1,8171	0,5396
A2	1/2	1	2	1,0000	0,3002
A3	1/3	1/2	1	0,5504	0,1652
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
$\begin{pmatrix} X & A1 & A2 & A3 \\ A1 & 1 & 2 & 3 \\ A2 & 1/2 & 1 & 2 \\ A3 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$	$\times \begin{pmatrix} 0,5396 \\ 0,3002 \\ 0,1652 \end{pmatrix}$	$= \begin{pmatrix} 1,6356 \\ 0,9004 \\ 0,4952 \end{pmatrix}$

Gambar 3.4 Perkalian matrik perbandingan berpasangan dengan matrik prioritas

Matrik II	Vektor Prioritas	=
$\begin{pmatrix} 1,6356 \\ 0,9004 \\ 0,4952 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0,5396 \\ 0,3002 \\ 0,1652 \end{pmatrix}$	$= \begin{pmatrix} 3,0311 \\ 2,9993 \\ 2,9978 \\ 90,282 \end{pmatrix}$

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

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

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

Kesimpulannya penilaian matrik berpasangan konsisten. Random indeks (RI) adalah indeks random yang menyatakan besarnya koreksi terhadap indeks konsisten pada nilai matrik perbandingan.

CR = Consistency Ratio

CI = Consistency Indeks

λ = Nilai Prioritas Maksimum

n = Jumlah faktor / elemen matrik

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

Tabel 3.4 Indeks

3.4.4 Tahap pengembangan ("*Development Phase*")

Dalam tahap ini semua ide terpilih, dibuat gambaran tentang disainnya, memperkirakan biaya siklus hidup ("*life cycle cost*") dari disain asal dengan yang baru dan dibuat perbandingannya, kemudian dibuat suatu rekomendasi kelebihan dan kekurangan dari setiap alternatif yang ada.

Studi rekayasa nilai untuk bidang konstruksi harus ada metode sistematis untuk mencapai total biaya yang optimal dari suatu proyek untuk waktu tertentu. Total biaya disini berarti biaya yang bisa dipertanggungjawabkan dari pekerjaan konstruksi, operasi, pemeliharaan, dan penggantian alat atau barang didalam suatu periode, yang disebut "*Life Cycle Cost*".

"*Life Cycle Cost*" merupakan salah satu faktor penting dalam rekayasa nilai, "*Life Cycle Cost*" adalah total biaya ekonomis, biaya yang dimiliki dan biaya operasi suatu fasilitas, proses manufaktur, atau produk. "*Life Cycle cost*" dipakai sebagai alat bantu dalam analisa ekonomi untuk mencari alternatif berbagai kemungkinan atau faktor dalam pengambilan keputusan. Dalam perbandingan "*Life Cycle Cost*" memuat tiga kategori utama biaya yaitu :

1. Biaya awal (*initial cost*), yang meliputi biaya konstruksi, biaya redesain akibat adanya perubahan-perubahan sebagai hasil studi rekayasa nilai,

biaya koordinasi proyek oleh pemilik, biaya jasa dan perijinan yang berhubungan dengan planning dan desain dari fasilitas.

2. Biaya penggantian (replacement cost), yang meliputi biaya yang harus dikeluarkan apabila suatu peralatan dalam bangunan harus diganti apabila ada perbaikan-perbaikan besar yang harus dilakukan pada bangunan.
3. Nilai sisa proyek (salvage value of the project), yang meliputi jumlah yang dapat diterima apabila proyek yang bersangkutan dijual pada akhir usia.

3.4.5 Tahap rekomendasi ("*Recomendationi Phase*")

Tahapan terakhir dimana dibuat rekomendasi dari tahapan sebelumnya yang berupa ringkasan biaya siklus hidup ("*life cycle cost*") yang berupa nilai penghematan terbesar, kemudian dibuat ringkasan laporan yang dapat diajukan sebagai bahan pertimbangan, yang dibuat secara singkat, jelas dan tepat. Ringkasan laporan itu menjadi bagian dari rekomendasi atas potensi efisiensi yang terjadi.