# BAB III

# LANDASAN TEORI

## 3.1. Sejarah Rekayasa Nilai

Setelah perang dunia kedua (PD II) usai, beberapa pakar dari salah satu perusahaan *General Electric* (G.E) di Amerika Serikat berusaha mengatasi keterbatasan bahan material untuk proses produksi pada perusahaan tersebut yang disebabkan oleh PD II. Keterbatasan material tersebut sangat mempengaruhi kenaikan biaya produksi sehingga diupayakan penurunan biaya produksi dengan material yang ada dengan penggantinya.

Seorang insinyur elektronika perusahaan tersebut, Lawrance D. Miles (1947), memilih mengembangkan suatu teknik melalui subtitus material atau penggantian bahan. Teknik ini dikembangkan pada proses manufakturing atau desain, dimana hasilnya terbukti bisa mereduksi biaya dalam jumlah besar. Teknik ini pada awalnya dikonsentrasikan pada pendekatan fungsional sehingga menghasilkan hasil produksi yang lebih dramatis.

Setelah beberapa tahun kemudian dikembangkan dengan pendekatan keilmuan sehingga pada tahun 1952 diperkenalkan dalam lingkungan pelatihan secara formal serta pada suatu seminar. Teknik ini menurut Heller. D. dikenal dengan nama V.A. (*value analysis*). Ketertarikan pada *value analysis* tumbuh beberapa

kan teori teknik tersebut, pada tahun 1954, Departemen Pertahanan Amerika Serikat mengembangkan program ini yang kemudian menjadi metode rekayasa nilai (*value engineering method*).

Setelah beberapa tahun kemudian dikembangkan dengan pendekatan keilmuan sehingga pada tahun 1952 diperkenalkan dalam lingkungan pelatihan secara formal serta pada suatu seminar. Teknik ini menurut Heller. D. dikenal dengan nama V.A. (*value analysis*). Ketertarikan pada *value analysis* tumbuh beberapa tahun kemudian, terbukti dengan munculnya artikel-artikel dalam jurnal perdagangan. Beberapa perusahaan mulai menggunakan teknik tersebut. Pada tahun 1965, Biro Reklamasi Amerika Serikat mulai mempergunakan metode rekayasa nilai pada tahap konstruksi dari proses perencanaannya. Ini merupakan saat awal dari penerapan rekayasa nilai maupun analisis nilai pada bidang konstruksi yang terus berlanjut sampai sekarang.

Karena analisis nilai maupun rekayasa nilai termasuk baru diterapkan di Indonesia (1986) maka diambil keputusan-keputusaan sebagai pemantapan pelaksanaan analisis nilai dengan terbitnya surat keputusan (SK) Dirjen Bina Marga no.72/KPTS/Db/1987 tanggal 13 Desember 1987, yaitu dengan adanya tentang pembentukan "Tim Analisis Nilai Direktur Jendral Bina Marga (TAN-DJBM)". Pemantapan dalam bidang perizinan bagi pelaksanaan dan penerapan analisis nilai dapat dilakukan dengan permintaan Menteri Pekerjaan Umum kepada Menteri Keuangan dengan surat no. PR. 05.02-MN/1002/tanggal 19 Desember 1987. Dengan adanya berbagai pemantapan ini maka analisis nilai diharapkan akan dapat berkembang dengan baik di Indonesia.

## 3.2. Pengertian dan Dasar Pemikiran Analisis Nilai

Analisis nilai (*value analysis*) adalah studi nilai dari produk yang sedang dibangun dan menganalisis untuk mengetahui apabila ada bagian yang dapat diperbaiki. Analisis nilai merupakan suatu teknik manajemen yang menggunakan pendekatan sistematis dan terorganisasi dengan menggunakan analisis fungsi pada suatu produk untuk mencapai keseimbangan antara fungsional terbaik antara fungsi utama dengan biaya (*cost*), keandalan (*reability*), mutu (*quality*), dan hasil guna (penampilan, *performance*) dari suatu sistem/produk. Biasanya, studi analisis nilai diterapkan jika desain akhir sudah selesai dibuat (pada masa pelelangan, pelaksanaan konstruksi, pemeliharaan, maupun penggantian). Sedangkan pada studi rekayasa nilai, dapat diterapkan mulai dari awal konsep biaya dan perencanaan awal (desain belum jadi) hingga masa pelelangan.

Hal yang mendasari perlunya analisis nilai adalah bahwa disetiap kegiatan konstruksi selalu terdapat biaya-biaya yang tidak perlu pada pelaksanaan proyek. Sehingga dengan menggunakan metode analisis nilai diharapkan dapat menghilangkan biaya-biaya tersebut agar diperoleh hasil yang optimal, efisien, dan hemat. Biaya-biaya tersebut tidak terlihat atau disadari oleh pemilik, perencana maupun pelaksana kegiatan tersebut. Hal-hal yang menyebabkan terjadinya biaya-biaya yang tidak perlu tersebut adalah :

1. Sempitnya waktu yang disediakan *owner* untuk proses perencanaan.
2. Kekurangan dan kesenjangan informasi.
3. Kekurangan kreatifitas dalam mengembangkan gagasan-gagasan baru.
4. Kurang tepatnya konsepsi/pemikiran tentang proyek.

5. Kebiasaan kurang tanggap terhadap perubahan atau pengembangan.
6. Kebijaksanaan-kebijaksanaan dari pelaku birokrasi dan keadaan politik.
7. Keengganan mendapat saran.

Untuk jelasnya, agar tidak menimbulkan pengertian yang berbeda terhadap perencana dan kontraktor, maka beberapa batasan mengenai pengertian analisis nilai adalah sebagai berikut :

1. Berorientasi pada sistem
2. Pendekatan tim multidisiplin
3. Berorientasi pada siklus hidup
4. Teknik manajemen yang teruji
5. Berorientasi pada fungsi

Ada anggapan bahwa studi analisis nilai hanya untuk mengkritik proyek yang di desain tanpa disertai prinsip-prinsip analisis nilai. Namun anggapan tersebut kurang tepat karena analisis nilai bukanlah :

1. **Peninjauan desain ulang (*design review*)**

   Studi ini tidak ditujukan untuk mengoreksi kelalaian yang dilakukan pada saat desain dan tidak juga untuk meninjau ulang perhitungan desain yang dibuat oleh perencana.

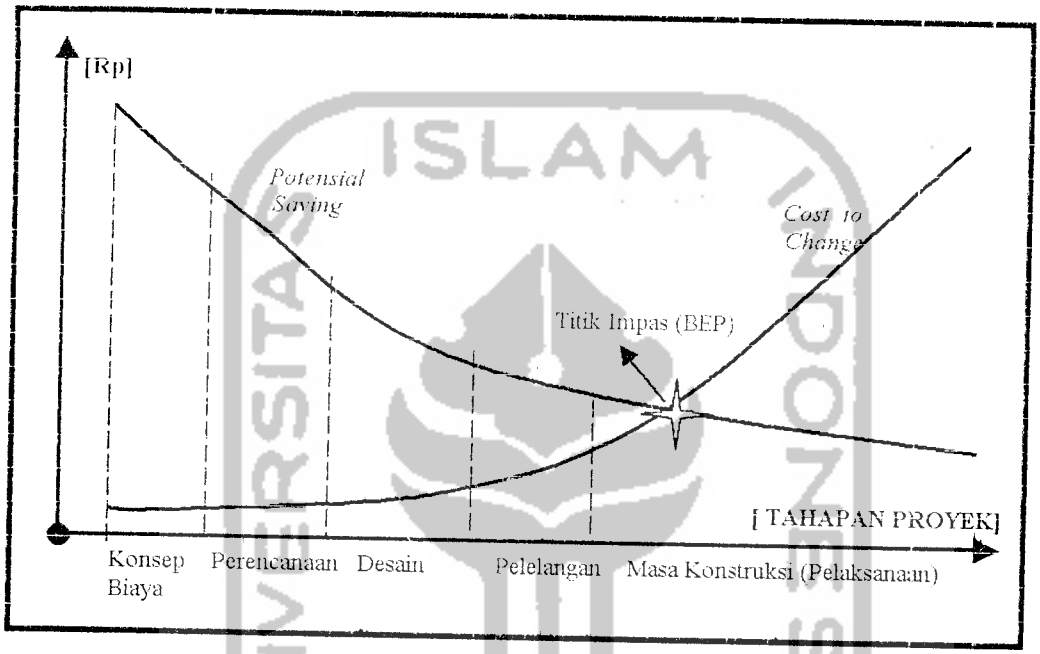
2. **Proses pemotongan biaya (*cost-cutting process*)**

   Studi ini bertujuan tidak untuk memotong biaya dengan mengorbankan *performance* (manfaat/keuntungan) yang dibutuhkan.

3. **Syarat yang harus ada pada setiap desain**

Studi ini bukanlah merupakan bagian dari setiap pengulangan yang di-jadwalkan oleh perencana.

## 3.3. Waktu Penerapan Analisis Nilai




**Gambar 3.1. Potensi Penghematan oleh Analisis Nilai**

Menurut Tadjuddin BMA (1998), gambaran tentang penghematan selama berlangsungnya proyek dapat dilihat pada gambar 3.1. Waktu penerapan analisis nilai (V.A) serupa dengan rekayasa nilai (V.E). Secara teoritis, studi analisis nilai dapat diterapkan jika desain akhir sudah selesai dibuat (pada masa pelelangan, pelaksanaan konstruksi, pemeliharaan, maupun penggantian). Sedangkan pada studi rekayasa nilai, dapat diterapkan mulai dari awal konsep biaya dan perencanaan (desain awal/belum jadi) hingga masa pelelangan (tender).

Secara umum waktu pelaksanaan studi rekayasa nilai dan analisis nilai dibagi dalam 3 tahapan, yaitu :

1. Tahap Konsep Biaya dan Perencanaan

   Rekayasa nilai lebih praktis jika diterapkan pada tahap ini karena mempunyai fleksibilitas untuk mengadakan perubahan-perubahan tanpa menimbulkan biaya tambahan untuk desain kembali. Dengan berkembangnya proses perencanaan biaya, sehingga perubahan-perubahan akan bertambah yang akhirnya akan mencapai suatu titik keseimbangan dimana penghematan tidak dapat dicapai. Pada gambar diatas dapat dilihat dimana penghematan yang potensial dihabiskan oleh biaya untuk mengadakan perencanaan baru, pemesanan kembali, dan pembuatan jadwal baru. Studi telah membuktikan bahwa perencanaan mempunyai pengaruh yang besar pada biaya proyek.

2. Tahap Perencanaan Akhir (Desain)

   Rekayasa nilai perlu menyertai kemajuan-kemajuan pekerjaan perencanaan dalam tahap desain, yaitu mulai dari konsep, program, skematik, pengembangan sampai desain akhir. Hal ini berguna untuk memberikan pengarahan kepada perencana dan menjamin pertimbangan dari segi nilai atau biaya untuk mendapatkan perhatian didalam mengambil keputusan.

3. Tahap Pelelangan dan Pelaksanaan

   Pada tahap ini, aplikasi analisis nilai dapat dilaksanakan apabila :

   a. Satu bagian atau sistem telah diteliti oleh tim pada tahap sebelumnya dan memerlukan penelitian lebih lanjut sebelum diputuskan. Meskipun terjadi keterlambatan akibat penelitian tersebut, kemungkinan akan meng-

untungkan untuk diteruskan apabila penghematan yang dihasilkan sangat besar.

b. Pada tahap perencanaan belum pernah diadakan studi rekayasa nilai, maka aplikasi analisis nilai pada tahap ini akan memberikan penghematan yang potensional.

c. Setelah tahap pelelangan, kontraktor merasa perlu meneliti suatu bidang pekerjaan berdasarkan pengalaman, dimana pekerjaan tersebut masih bisa menurunkan biaya pelaksanaan tanpa harus mengorbankan kualitasnya.

Dari gambaran tersebut dapat disimpulkan bahwa pada awal tahap konsep biaya terdapat potensi penghematan terbesar. Hal itu hanya dapat diwujudkan dengan menerapkan studi rekayasa nilai. Jika desain akhir telah selesai maka perlu diterapkan studi analisis nilai agar terjadi penghematan namun tidak begitu signifikan. Selain itu, penerapan analisis nilai bisa dilaksanakan selama berlangsungnya proyek dari awal (setelah desain selesai) hingga menjelang pekerjaan yang ditinjau pada proyek tersebut selesai. Bahkan analisis nilai dapat juga diterapkan pada saat penggantian (*replacement*) setelah umur konstruksi tercapai. Misalnya pada pekerjaan pemancangan pondasi tiang pancang di daerah pedalaman hutan Kalimantan. Karena jarak pabrik jauh dan membutuhkan waktu perjalanan lama untuk sampai ke lokasi proyek serta adanya desakan *owner* agar pekerjaan itu cepat terselesaikan maka kontraktor dapat menerapkan studi analisis nilai dengan jalan mengganti pondasi tiang pancang dengan pondasi *bored pile*.

Namun dalam memulai suatu pekerjaan, penerapan analisis nilai harus dilihat saat yang paling tepat dan berpotensi mempunyai hasil yang maksimal agar tercipta efisiensi dan penghematan. Dari gambar 3.1. tersebut terlihat garis potensi penghematan (*potensial saving*) akan semakin turun, dimana dengan berkembangnya proses proyek tersebut biaya-biaya yang ada (*cost to change*) akan semakin naik. Sedangkan potensi penghematan habis ditelan oleh biaya untuk mengadakan perencanaan baru dan pelaksanaan proyek tersebut.

### 3.4. Rencana Kerja Analisis Nilai

Setelah menyeleksi obyek yang diperkirakan memiliki potensi biaya tinggi dalam studi ini maka diterapkan rencana kerja analisis nilai. Terdapat beberapa pendapat terhadap kerja yang dilakukan dalam penerapan analisis nilai. Pendapat-pendapat tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Menurut E.P.A (*Environmental Protection Agency*); ada 6, yaitu :**
   a) *Information Phase*
   b) *Creative Phase*
   c) *Analytical Phase*
   d) *Investigation Phase*
   e) *Recommendation Phase*
   f) *Implementation Phase*
2. **Menurut G.S.A (*General Service Agency*); ada 8, yaitu :**
   a) *Information Phase*
   b) *Functional Analisis*

c) *Creative Phase*

d) *Judgement Phase*

e) *Devolopment Phase*

f) *Presentation Phase*

g) *Implementation Phase*

h) *Follow Up*

3. **Menurut Larry Zimmerman dan Glen. D. Hart; ada 5, yaitu :**

a) *Information Phase*

b) *Creative Phase*

c) *Judgement Phase*

d) *Development Phase*

e) *Recommendation Phase*

4. **Menurut Alphonse J. Dell'Isola; ada 4, yaitu :**

a) *Information Phase*

b) *Speculative Phase*

c) *Analytical Phase*

d) *Proposal Phase*

5. **Menurut Lawrence .D. Miles; ada 5, yaitu :**

a) *Information Step*

b) *Analysis Step*

c) *Creativity Step*

d) *Judgement Step*

e) *Development Planning Step*

6. **Menurut Edward. D Heller; ada 5, yaitu :**

   a) *Information Phase*

   b) *Creative Phase*

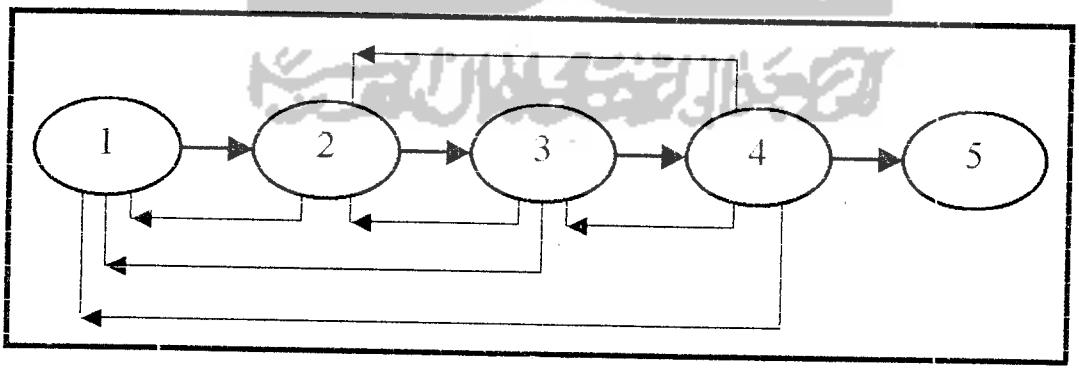
   c) *Evaluation Phase*

   d) *Invetigation Phase*

   e) *Reporting Phase*

Oleh karena itu dapat disimpulkan pada dasarnya masing-masing tahapan memberikan pengertian yang sama, sehingga tahapan yang akan digunakan dalam analisis studi pada tugas akhir ini menggunakan lima tahapan yang umum digunakan, yaitu seperti tahapan-tahapan berikut ini :

1. Tahap Informasi (*Information Phase*)
2. Tahap Kreatif (*Creative Phase*)
3. Tahap Penilaian/Analisis (*Judgement Phase*)
4. Tahap Pengembangan (*Development Phase*)
5. Tahap Rekomendasi/Presentasi (*Recommendation Phase*)




**Gambar 3.2. Skema Rencana Kerja Analisis Nilai**

3.4.1. Tahap Informasi (*Information Phase*)

a. Tujuan : menghimpun informasi dan pengetahuan yang berhubungan dengan proyek.

b. Informasi yang diperlukan secara umum diantaranya adalah :

1. Kriteria/ketentuan desain (pemilik proyek/kontraktor/perencana).
2. Kondisi lapangan (topografi/kondisi tanah/foto udara).
3. Peraturan-peraturan (peraturan daerah/pemerintah, peraturan pembebanan, dan sebagainya).
4. Elemen-elemen desain (komponen konstruksi).
5. Latar belakang proyek (seperti untuk peningkatan pelayanan terhadap masyarakat).
6. Kendala-kendala yang ditetapkan terhadap proyek (terhadap biaya, waktu, dan mutu).
7. Fasilitas-fasilitas yang tersedia (seperti tempat istirahat/sholat, kantor, gudang, dan lain sebagainya).
8. Persyaratan yang timbul akibat dari partisipasi masyarakat (seperti faktor keamanan pekerja, asuransi jamsostek dan askes).
9. Perhitungan-perhitungan desain (seperti perhitungan konstruksi rangka atap/kuda-kuda dan perhitungan plat lantai).

c. Teknik-teknik yang digunakan adalah :

1. Menjaga *human relation* atau hubungan masyarakat dalam mengumpulkan informasi sehingga tidak timbul hal-hal yang tidak diinginkan, yang menghambat rencana kerja analisis nilai.

2. Mengumpulkan dan menyusun secara sistematis dan teratur semua fakta dan informasi secara lengkap.
3. Menentukan semua fungsi-fungsi dan fungsi dasarnya, dengan menggunakan diagram FAST.
4. Mengevaluasi semua fungsi-fungsi setelah pembahasan dikembangkan, melakukan perkiraan biaya untuk melakukan fungsi dasar dan membandingkan faksinan seluruh bagian. Peningkatan nilai dapat ditentukan.
5. Semua dibuat dalam bentuk lembar kerja lembar kerja.

3.4.2. Tahap Kreatif (*Creative Phase*)

a. Tujuan : memotivasi orang untuk berfikir, membangkitkan dan mengembangkan sebanyak mungkin segala alternatif untuk memenuhi fungsi utama dasar.

b. Teknik yang dipakai adalah kuisioner dan sumbang saran, yaitu suatu cara untuk memperoleh sejumlah besar ide-ide kreatif dari sekelompok orang dalam waktu yang singkat.

c. Tim dipacu untuk berpikir lebih mendalam. Ide-ide yang muncul dicatat tanpa perlu dievaluasi dahulu. Lebih banyak ide yang berpartisipasi akan lebih banyak gagasan yang muncul.

d. Ide dan alternatif ini berupa :
   1. Ide *original* (asli).
   2. Perbaikan terhadap suatu ide yang sudah ada.
   3. Kombinasi dari beberapa ide.

### 3.4.3. Tahap Penilaian/Analisis (*Judgement Phase*)

a. Tujuan : mengevaluasi semua alternatif tahap kreatif

b. Masing-masing tahap diuraikan menjadi :

   1. Analisis Keuntungan dan Kerugian (Untung-Rugi).
   2. Analisis Tingkat Kelayakan.
   3. Analisis Matriks.

c. Setiap alternatif dianalisis tentang kelebihan dan kekurangannya, baik dari faktor teknis maupun dari faktor ekonomisnya.

d. Kriteria : 1. Konsultasi dengan para ahli.
   2. Hasil dianalisis dengan hierarki (skema) analitis.

### 3.4.4. Tahap Pengembangan (*Development Phase*)

a. Tujuan : menyiapkan saran-saran dan rekomendasi tertulis untuk alternatif yang terpilih.

b. Langkah-langkah yang perlu diambil adalah :

   1. Membandingkan item produk yang terpilih.
   2. Menggambar sketsa biaya awal proyek dan biaya susulan.
   3. Membandingkan analisis biaya berdasarkan siklus hidup.
   4. Mendiskusikan keadaan dan kebutuhan dalam pelaksanaan desain yang direkomendasikan.
   5. Mendiskusikan implikasi dan kebutuhan yang timbul dalam pelaksanaan.

### 3.4.5. Tahap Rekomendasi/Presentasi (*Recommendation Phase*)

a. Tahap ini merupakan tahap untuk melaporkan/mempresentasikan hasil studi analisis nilai (merekomendasikan alternatif yang terpilih dengan segala keuntungannya).

b. Bertujuan untuk menyakinkan *owner* atau pengambil keputusan bahwa alternatif yang direkomendasikan merupakan pilihan yang terbaik dan menguntungkan.

c. Tahap ini merupakan tahap akhir yang menentukan berhasil atau tidaknya (gagal) studi analisis nilai.

## 3.5. Analisis Fungsional

Fungsi adalah suatu pendekatan untuk mendapatkan suatu nilai tertentu. Pendekatan fungsi dalam analisis nilai adalah yang memisahkannya dari tehnik reduksi biaya yang lain. Konsep dari fungsi digunakan dalam studi analisis 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 (benda). Fungsi ini berarti pula sebuah karakteristik yang membuat item itu dapat berjalan atau bernilai (Lawrance D. Miles, 1972). Aplikasi fungsi dalam analisis nilai disebut analisis fungsi (Zimmerman & Hart, 1982).

Proyek atau produk yang akan dievaluasi dengan fungsi diidentifikasikan dengan dua kata yang umum, yaitu kata benda dan kata kerja, sehingga tidak

tersirat suatu penyelesaian, melainkan hanya fungsi yang dibutuhkan. Kata benda dan kata kerja ini digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana suatu item bekerja. Kata kerja disini adalah kata kerja aktif, sedangkan kata benda berupa kata benda yang dapat diukur. Seperti dalam contoh berikut ini, kabel listrik mempunyai fungsi mengalirkan arus. Disini kata "mengalirkan" adalah kata kerja, sedang kata "arus" adalah kata benda.

Analisis fungsi untuk proyek digunakan untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi yang akan dikerjakan dan biaya. Analisis fungsi digunakan untuk mendefinisikan secara jelas pekerjaan yang dilakukan untuk kebutuhan proyek serta membantu memisahkan ruang lingkup antara biaya utama dengan biaya yang tidak dibutuhkan untuk mendukung performansi. Keuntungan dari pendekatan analisis fungsi adalah membantu dalam mempertemukan ide-ide yang lebih baik dalam mengatasi keraguan-keraguan, membantu dalam pemikiran yang lebih mendalam.

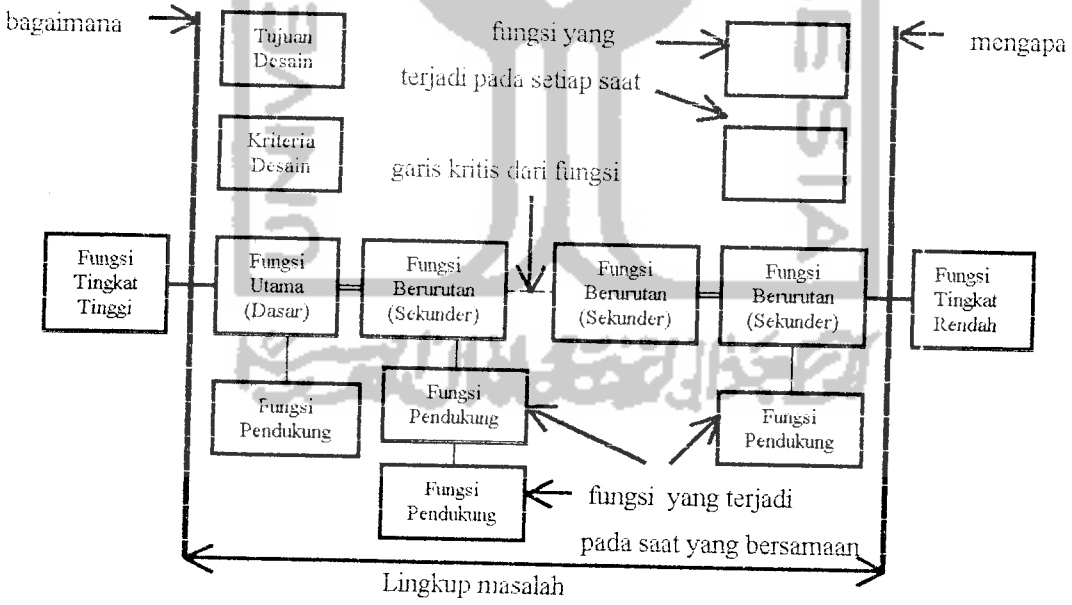
Tahap pertama dalam analisis fungsi adalah mengidentifikasi fungsi dasar (utama) dari suatu sistem/proyek. Fungsi dasar merupakan tujuan utama dan harus dipenuhi dari uraian studi analisis nilai. Dalam suatu proyek atau komponen didapat fungsi utama, sedangkan bagian lain adalah fungsi sekunder (penunjang) bagi fungsi utama. Fungsi penunjang tidak diidentifikasikan sebagai fungsi utama, kecuali fungsi tersebut membentuk fungsi-fungsi yang dibutuhkan.

Tahap kedua dari analisis fungsi adalah mengidentifikasi biaya dan harga yang berkaitan dengan setiap fungsi utama. Harga dapat didefinisikan sebagai biaya terendah (alternatif) dari yang dibutuhkan untuk membentuk suatu fungsi utama.. Biaya dapat didefinisikan sebagai biaya yang tercantum dalam RAB proyek (asli).

Tahap ketiga adalah membandingkan biaya dan harga dari setiap fungsi utama (rasio, *ratio*). Berdasarkan pengalaman, perbandingan biaya-harga (rasio) lebih dari 2 biasanya menandakan bahwa proyek tersebut terjadi penghematan yang sangat besar jika diadakan analisis nilai. Jika besarnya rasio tersebut berkisar antara 1-2 maka penghematan yang terjadi tidak begitu signifikan jika diadakan analisis nilai.

Cara yang dianggap paling pas dan efektif dalam analisis nilai adalah "FAST" (*Functional Analysis System Techniques*). Teknik tersebut diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Charles W. Bytheway, seorang ahli analisis nilai *UNIVAC* di Salt Lake City, Amerika Serikat (Zimmerman & Hart, 1982).

Contoh diagram *FAST* dapat dilihat pada gambar berikut :




**Gambar 3.3. Skema Aturan Dasar Diagram FAST**

*FAST* adalah suatu metode menganalisis, mengorganisasi, 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.

### 3.6. Pengertian Berfikir Kreatif

Didalam analisis 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 berfikir kreatif adalah suatu produk imajinasi dimana kombinasi baru dari sesuatu dan pikiran dipersatukan secara bersama-sama. Berfikir 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, yaitu :

1. Tingkat motivasi yang tinggi, dimana didalamnya terdapat keinginan, antusias, dan berani menghadapi tantangan yang kompleks.
2. Mempunyai fleksibilitas berpikir.
3. Mempunyai sensitifitas yang besar dalam menghadapi suatu masalah.
4. Mempunyai ide-ide baru serta berpandangan luas dalam mengkombinasikan ide-ide (baik baru maupun lama).
5. Terbuka untuk menerima segala perubahan.

6. Mempunyai toleransi untuk mempertimbangkan hal-hal yang mempunyai arti sama.

### 3.7. Analisis Keuntungan dan Kerugian (Untung-Rugi)

Dalam tahap penilaian dilakukan suatu evaluasi terhadap sejumlah ide kreatif. Evaluasi ini dilakukan untuk menentukan sejumlah pilihan terbaik untuk dipelajari lebih lanjut dan yang mempunyai potensi terbesar untuk penghematan. Evaluasi tersebut menggunakan analisis keuntungan dan kerugian (untung-rugi). 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 analisis nilai, hasil dari penilaian ini selanjutnya akan dianalisis dengan analisis tingkat kedua yaitu dengan metode analisis matriks. Penilaian tim harus didasarkan atas tingkat pengaruhnya (urutan terpenting) pada biaya secara keseluruhan. Dalam memberikan penilaian atas kriteria-kriteria yang ditinjau harus ditentukan dahulu salah satu kriteria, kemudian baru menentukan kriteria lain secara relatif terhadap kriteria tadi. Kriteria utama yang dipandang sangat penting diberi nilai 4 untuk kriteria awal sedang kriteria lain ditetapkan secara relatif. Nilai kriteria diberikan secara rinci berdasarkan urutan/rangking terpenting sebagai berikut, misalnya :

1. **Biaya Awal ( murah = + 4 dan mahal = - 4 )**

   Titik berat dalam studi analisis nilai adalah penghematan biaya maka faktor biaya adalah yang utama (terpenting).

2. **Waktu Pelaksanaan ( cepat = + 3,5 dan lama = - 3,5 )**

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

3. **Daya Dukung ( kuat = + 3 dan lemah = - 3 )**

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

4. **Biaya Pemeliharaan ( murah = + 2,5 dan mahal = - 2,5 )**

   Semakin murah biaya perawatan akan semakin menguntungkan.

5. **Kemudahan Pelaksanaan ( mudah = + 2 dan susah = - 2 )**

   Semakin mudah pelaksanaan proyek akan semakin mempercepat penyelesaian proses konstruksi/proyek.

6. **Teknologi ( lama = + 1,5 dan baru = - 1,5 )**

   Penerapan teknologi pada suatu konstruksi mempengaruhi lama pengerjaan proyek (waktu pelaksanaan)

7. **Kemungkinan Diterapkan ( mungkin = + 1,5 dan tidak mungkin = - 1,5 )**

   Pemilihan bahan/item suatu pekerjaan memungkinkan untuk diterapkan pada pelaksanaan proyek.

8. **Sarana Kerja ( lengkap = + 1 dan tidak lengkap = - 1 )**

   Suatu metode akan dapat diterapkan bila alat-alat kerja yang mendukung tersedia dengan mudah dan lengkap.

9. **Pabrikasi ( ya = + 1 dan tidak = - 1 )**

   Kualitas suatu bahan akan lebih terjamin bila diproduksi oleh pabrik sehingga akan memberikan kepastian hasil hitungan konstruksi.

Sistem penilaian dilakukan dengan membuat tabel perbandingan 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 di kolom kerugian mendapat nilai negatif (-). Setelah ide kreatif diberi nilai lalu dijumlahkan secara kumulatif. Jumlah kumulatif nilai komponen/ide kreatif tersebut antara (- 20) dan (+ 20).

### 3.8. Analisis Tingkat Kelayakan

Analisis tingkat kelayakan adalah cara lain menyeleksi ide-ide kreatif yang diajukan selain analisis untung-rugi. 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, yaitu :

1. **Biaya Pengembangan**

   Berkaitan dengan :

   a. Biaya perancangan kembali.

   b. Biaya pemesanan kembali.

   c. Biaya pengembangan kembali.

2. **Penggunaan Teknologi**

   Berkaitan dengan :

   a. Teknologi baru atau teknologi yang sudah lama dilakukan.

   b. Sumber daya manusia dan perangkat kerasnya.

3. **Kemungkinan Penerapan**

Berkaitan dengan kemungkinan :

a. Diterima oleh pemilik proyek.

b. Sesuai dengan kondisi lapangan, keamanan struktur, dan sebagainya.

4. **Waktu Pelaksanaan**

Berkaitan dengan :

a. Waktu perancangan kembali.

b. Waktu pemesanan kembali.

c. Lama pabrikasinya.

d. Lama pelaksanaan di lapangan.

5. **Keuntungan Biaya Potensial**

Berkaitan dengan :

a. Penghematan biaya awal.

b. Penghematan biaya siklus hidup.

6. **Sarana Alat Kerja**

Berkaitan dengan :

a. banyak sedikitnya alat kerja,

b. mudah tidaknya dioperasikan,

c. mudah tidaknya pengadaan peralatan kerja.

Kriteria tersebut diberi nilai antara 0 - 10 seperti pada :

1. **Penggunaan Teknologi**

a. teknologi baru — 0

b. teknologi biasa — 10

2. **Biaya Pengembangan**

   a. tanpa biaya = 10

   b. biaya tinggi = 0

3. **Kemungkinan Diterapkan**

   a. kemungkinan diterapkan = 10

   b. tidak mungkin = 0

4. **Waktu Pelaksanaan**

   a. waktu singkat = 10

   b. waktu lama = 0

5. **Keuntungan Biaya Potensial**

   a. keuntungan potensial = 10

   b. tanpa keuntungan = 0

6. **Sarana Alat Kerja**

   a. sedikit alat kerja, mudah dioperasikan, mudah didapatkan = 10

   b. 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 I, nilai berikutnya yang lebih rendah diberi urutan II, dan seterusnya. Bila ada dua alternatif atau lebih yang mempunyai nilai sama, maka urutan akan sama. Kemudian dipilih beberapa alternatif yang mempunyai urutan tertinggi.

### 3.9. Analisis Matriks

Tujuan dari analisis matriks adalah untuk menilai masing-masing dari ide kreatif rangka atap (kuda-kuda) dan penutup atap. Analisis ini merupakan seleksi penilaian tahap kedua dari dua sistem analisis penilaian sebelumnya, yaitu analisis untung-rugi dan analisis tingkat kelayakan. Kriteria-kriteria yang digunakan untuk analisis matriks akan dilakukan konsultasi dengan para ahli tentang penutup atap dan rangka atap (kuda-kuda) serta standar umum yang dipakai untuk desain rangka atap. Kriteria hasil konsultasi harus diuji dan diberi nilai. Untuk uji dan pembobotan dipakai metode hierarki analitis.

Masing-masing kriteria mempunyai bobot hasil dari proses hierarki analitis (PHA), yang mempunyai skala sebagai berikut, yaitu :

a. 4 = *Excellent* (baik sekali)

b. 3 = *Good* (baik)

c. 2 = *Fair* (wajar)

d. 1 = *Poor* (rendah/jelek)

Proses hierarki analitis (PHA) 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. PHA di-kembangkan oleh L. Saaty, seorang matematikawan dari Universitas Pitsburgh. PHA merupakan alat yang luwes yang memungkinkan kita mengambil keputusan dengan mengkombinasikan data obyektif dan data subyektif secara logis. Data

obyektif adalah fakta ataupun data-data numerik hasil perhitungan, sedangkan data subyektif didasari oleh pendalaman dan pengalaman.

Ada 3 prinsip dalam memecahkan persoalan dengan PHA, yaitu :

**a. Penyusunan Struktur Hierarki**

Hierarki adalah pemecahan masalah menjadi elemen-elemen yang terpisah menurut tingkat kepentingan. Penyusunan hierarki 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-elemen yang lebih spesifik, yang merupakan uraian dari tingkat diatasnya.

**b. Penentuan Prioritas**

Prioritas adalah besar kecilnya konstribusi 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 matriks bujur sangkar dengan *ordo* (i x j) yang sesuai dengan jumlah elemen dalam tingkatan tersebut. Pendekatan matriks ini unik karena dapat mewakili aspek prioritas, yaitu lebih penting, sama penting, dan kurang penting.

Dalam penilaian perbandingan berpasangan digunakan skala penilaian sebagai berikut, yaitu :

**Tabel 3.1. Skala Banding Secara Berpasangan**

| *Tingkat Kepentingan* | *Definisi* | *Keterangan* |
|---|---|---|
| 1 | Sama penting | Kedua elemen memberikan konstribusi yang sama terhadap tujuan |
| 3 | Elemen yang satu sedikit lebih penting dari yang lain | Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong satu elemen atas elemen yang lain |
| 5 | Elemen yang satu esensial/ sangat penting dibanding 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 & dominannya terlihat dalam praktek |
| 9 | Satu elemen mutlak lebih penting dibanding 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 ber-dekatan | Kompromi diperlukan antara dua pertimbangan |
| **Catatan :** | Kebalikannya, bila elemen "i" mendapat nilai "n" dibandingkan dengan elemen "j", maka elemen "j" mendapat nilai "1/n" bila dibandingkan faktor I (matriks I) | |

Untuk memulai proses perbandingan berpasangan, elemen-elemen dibentuk menjadi matriks bujur sangkar sesuai dengan tingkat hierarkinya. Proses dimulai dari puncak hierarki untuk memilih kriteria atau sifat yang digunakan untuk melakukan perbandingan yang pertama. Tingkat dibawah diambil dari elemen-elemen $A_1$, $A_2$, $A_3$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2. Matriks Perbandingan Berpasangan**

| X | A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|---|
| $A_1$ | 1 | 2 | 3 |
| $A_2$ | 1/2 | 1 | 2 |
| $A_3$ | 1/3 | 1/2 | 1 |

Bandingkan elemen $A_1$ dalam kolom kiri dengan elemen-elemen $A_1$, $A_2$, dan $A_3$ yang terdapat pada baris atas dengan sifat X disudut atas. Kemudian elemen A2 kolom kiri dibandingkan dengan elemen baris atas, begitu dan seterusnya sampai elemen terakhir ($A_3$). Besarnya nilai perbandingan antara elemen-elemen $A_1$, $A_2$, dan $A_3$ pada kolom kiri (j) terhadap elemen-elemen $A_1$, $A_2$, dan $A_3$ pada baris atas (i), jika elemen "i" bernilai "n", adalah sebesar "1/n".

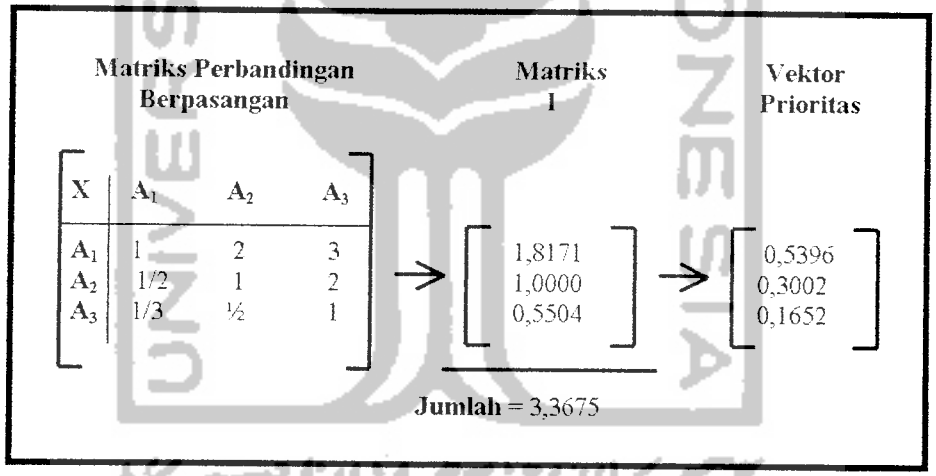
Untuk mengisi matriks perbandingan berpasangan harus menggunakan bilangan yang menggambarkan relatif pentingnya suatu elemen terhadap elemen lainnya yang berhubungan dengan sifat tersebut. Bilangan tersebut berkisar antara 1 sampai dengan 9. Semua pertimbangan yang diterjemahkan secara numerik merupakan perkiraan belaka. Kesahihan/ keabsahan/kebenarannya dapat dievaluasi dengan suatu uji konsistensi.

**c. Menguji Konsistensi Data**

Kesahihan data dapat diketahui dengan uji konsistensi data, yaitu dengan nilai rasio konsistensi (CR, *consitency ratio*), yaitu :

1. Data dapat dikatakan konsisten ⟶ nilai CR ≤ 0,10
2. Proses penilaian matriks harus diulang ⟶ nilai CR >0,10

Bilangan atau nilai dari masing-masing baris pada matriks tersebut dikalikan secara kumulatif. Kemudian hasil tersebut dimasukkan ke dalam persamaan akar pangkat/derajat "n" sesuai dengan jumlah elemen pada baris matriks (i x j).




**Gambar 3.4. Matriks Perbandingan Berpasangan, Matriks I, dan Vektor Prioritas (*Eigen Value*)**

Sedangkan nilai vektor prioritas (*Eigen Value*) diperoleh dengan cara Matriks Perbandingan Berpasangan dibagi dengan jumlah Matriks I. Perkalian antara Matriks Perbandingan Berpasangan dengan Vektor Prioritas disebut dengan Matriks I.

Adapun rumus/persamaan matematikanya adalah :

a. $$\text{Matriks I} = (\text{MPB})^{1/n} \quad (3.1)$$

dengan : n = jumlah elemen baris pada matriks perbandingan berpasangan

MPB = Matriks Perbandingan Berpasangan

b. $$\text{Vektor Prioritas} = \text{VP} = \text{Matriks I} / \Sigma(\text{Matriks I}) \quad (3.2)$$

c. $$\text{Matriks II} = \text{MPB} \times \text{VP} \quad (3.3)$$

d. $$\text{MNP} = \text{Matriks II} / \text{VP} \quad (3.4)$$

dengan : MNP = Matriks Nilai Prioritas

e. $$\lambda = \Sigma(\text{MNP}) / n \quad (3.5)$$

dengan : $\lambda$ = nilai vektor maksimum = harga rata-rata dari MNP

f. $$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n-1)} \quad (3.6)$$

g. $$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.7)$$

dengan : RI = *Random Index* = indeks acak yang menyatakan besarnya koreksi terhadap indeks konsistensi pada nilai MPB.

**Tabel 3.3.** ***Index 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 |

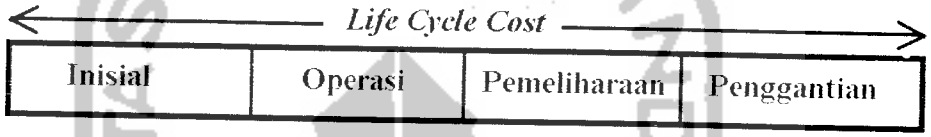
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,58 | 1,12 | 1,59 |

## 3.10. Pengertian Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Didalam menyusun anggaran suatu proyek yang harus dibuat terlebih dahulu adalah membuat anggaran biaya. Kemudian dengan analisis fungsi didalam studi analisis nilai didapatkan beberapa alternatif yang semuanya mengeleminasi 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. Dana kebutuhan proyek yang kurang lengkap.
6. Data biaya untuk *life cycle cost* yang belum bisa diestimasi, seperti biaya operasi, penggantian, dan perawatan.

Oleh karena studi analisis 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 gambar berikut.




**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. Analisis *life cycle cost* sendiri menggambarkan nilai sekarang dan nilai yang akan datang (*present and future cost*) dari suatu proyek selama umur manfaat proyek itu sendiri. *Life cycle cost* dipakai sebagai alat bantu dalam analisis 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 value*).

Jenis-jenis yang termasuk biaya dalam *life cycle cost* diantaranya adalah :

1. Biaya investasi
2. Biaya pemilikan
3. Biaya rekayasa (perencanaan, desain, dan pengawasan)

4. Biaya perubahan desain
5. Biaya administrasi
6. Biaya penggantian
7. Biaya operasi
8. Biaya pemeliharaan
9. Biaya beban bunga yang dibebankan selama proyek.

Penggunaan *life cycle cost* sebagai 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.

### 3.10.1. Konsep Nilai Waktu Uang (*Time Value of Money*)

Kalau seseorang ditanyakan, mana yang lebih disukai menerima Rp 100,00 saat ini ataukah menerima Rp. 100,00 nanti (misal satu tahun lagi)?. Meskipun penerima tersebut pasti sifatnya, artinya dia pasti menerima saat ini atau nanti, bisa diduga dia akan lebih suka menerima jumlah yang sama pada saat ini dari pada nanti. Sebaliknya kalau kita harus membayar Rp 100,00 saat ini daripada nanti maka tentunya lebih senang untuk membayar nanti apabila jumlahnya sama.

Contoh tadi menunjukan bahwa kita sebenarnya kita menghargai uang secara berbeda apabila waktunya tidak sama. Dengan kata lain kita mengakui bahwa uang mempunyai nilai waktu. Kita selalu menyukai Rp 100,00 saat ini daripada nanti karena kita menganggap bahwa nilai sekarang Rp 100,00 adalah lebih besar daripada nilai Rp 100,00 nanti. Sebaliknya kalau kita membayar, kita lebih suka

### 3.10.3. Dasar-Dasar Perhitungan Nilai Sekarang (*Present Value*)

*Present value* (PV) atau *present worth* (PW) dapat dihitung jika perhitungan PV untuk investasi digunakan anggapan bahwa tingkat bunga (i) yang relevan setiap tahunnya adalah sama atau tetap.

Perhitungan PV (Robert J.K., 1994) ini secara umum dapat dituliskan secara berikut :

$$PV = \sum_{i=1}^{n} \frac{At}{(i+1)^t} \qquad (3.8)$$

dimana : At = aliran yang diterima pada periode "t" (bulan, tahun)

i = tingkat bunga (10%, 15%, 20%)

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

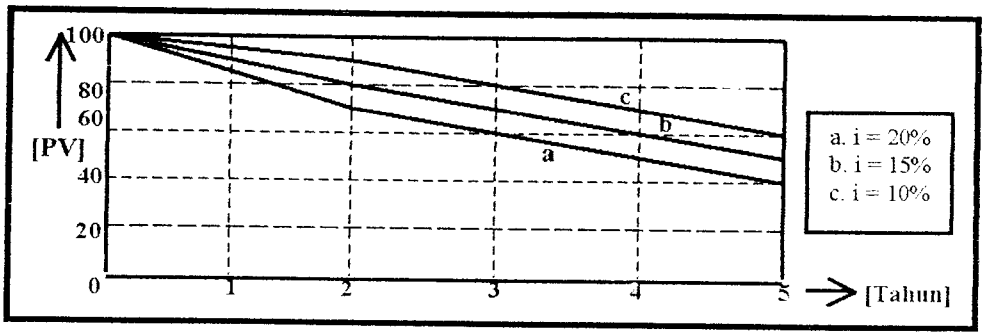
$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(i+1)^n - 1} \qquad (3.9)$$

CRF dapat digunakan untuk menghitung besar pengembalian dari beban hutang secara periodik untuk "n" tahun dengan beban bunga sebesar "t". Contoh perhitungan untuk mengetahui *present value* (PV) bila i = 10%, 15%, dan 20% pertahun dari uang Rp 100,00 dalam lima (5) tahun, yaitu :

a. untuk i = 10 % maka PV untuk 5 tahun mendatang sebesar grafik "c"

b. untuk i = 15 % maka PV untuk 5 tahun mendatang sebesar grafik "b"

c. untuk i = 20 % maka PV untuk 5 tahun mendatang sebesar grafik "a"




Gambar 3.6. PV Dari Rp. 100,00 Untuk 5 Tahun Mendatang

### 3.11. Penggunaan *Present Value* Pada Analisis Nilai Dalam Analisis Proyek

Tujuan analisis proyek adalah untuk memperbaiki pemilihan investasi, karena 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 komersial (Clive Gray, dkk., 1978).

Penggunaan *present value* pada aplikasi analisis 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 *initial 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 desain asal maupun desain alternatif lainnya. Kemudian dikalikan dengan cicilan bagi beban hutang selama periode tertentu (CRF). Hasil untuk disain awal dikurangi dengan desain usulan pertama disebut penghematan tahunan (*annual saving*) untuk desain usulan pertama, selanjutnya dihitung pula penghematan tahunan untuk desain usulan kedua. Sehingga dari hasil perhitungan ini sebagai rekomendasi adalah berupa nilai penghematan (*saving*) diukur selama siklus hidup proyek.