

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Jembatan

1. Definisi jembatan

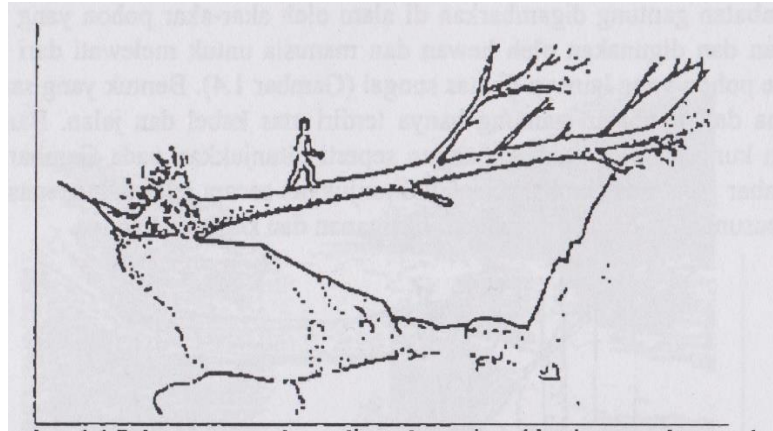
Pengertian jembatan secara umum adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus akibat beberapa kondisi seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Sedangkan menurut ahli jembatan adalah :

- a. Suatu struktur yang memungkinkan route transportasi melintasi sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api, dan lain-lain. (Dasar-dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang, Agus Iqbal Manu, 1995).
- b. Suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Jika jembatan itu berada di atas jalan lalu lintas biasa maka biasanya dinamakan *viaduct*. (Jembatan, H.J. Struyk & K.H.C.W. Van Der Veen, 1995)
- c. Merupakan komponen infrastruktur yang sangat penting karena berfungsi sebagai penghubung dua tempat yang terpisah akibat beberapa kondisi. (Jembatan, Supriyadi dan Muntohar, 2007).

2. Sejarah dan perkembangan jembatan

Jembatan dapat dikatakan sebagai satu peralatan yang tertua didalam peradaban manusia. Pada zaman dahulu, jembatan mula-mula dibuat untuk menyeberangi sungai kecil dengan menggunakan balok-balok kayu atau batang-batang pohon yang cukup besar dan kuat. Menurut Degrand, jembatan yang pertama sekali tercatat pernah dibangun di sungai Nil oleh raja Manes dari Mesir pada tahun 2650 SM, tetapi detail lanjut tidak diketahui (Manu, 1995).

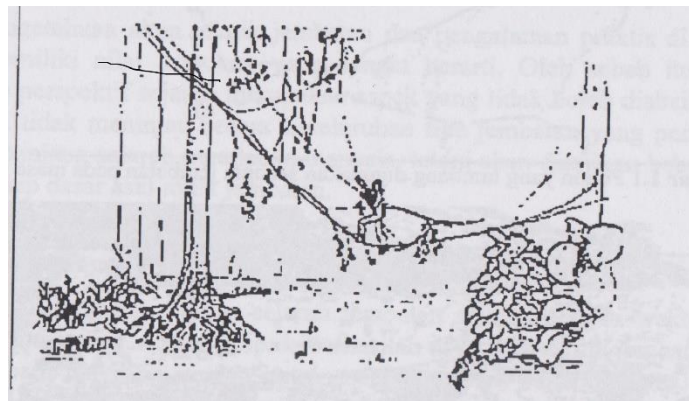
Contoh alami dari jembatan-jembatan pada jaman dahulu adalah seperti pohon yang tumbang melintas diatas sungai.



Gambar 2.1 Pohon yang tumbang sebagai jembatan

Sumber : (Supriyadi & Muntohar, 2007)

Jembatan gantung digambarkan oleh akar-akar pohon yang bergantung dan digunakan oleh hewan dan manusia untuk melewati dari satu pohon ke pohon lainnya diatas sungai.



Gambar 2.2 Akar pohon yang bergantung sebagai jembatan gantung

Sumber : (Supriyadi & Muntohar, 2007)

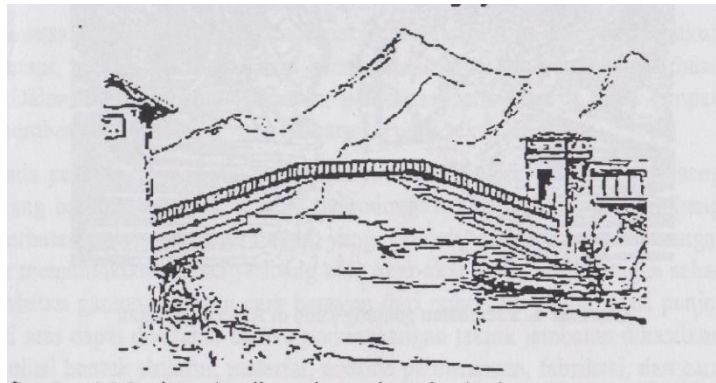
Pada perkembangan selanjutnya, jembatan mengalami kemajuan dengan menggunakan slab-slab batu alam sebagai jembatan.



Gambar 2.3 Slab-slab batu sebagai jembatan

Sumber : (Supriyadi & Muntohar, 2007)

Suatu hal yang telah dicapai manusia purba saat itu adalah pemakaian prinsip-prinsip jembatan kantilever pada kedua pangkal jembatan. Mereka menggunakan prinsip tersebut untuk membangun bentang-bentang panjang agar jembatan balok sederhana dapat dibangun yang dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Jembatan kantilever dengan kombinasi balok sederhana dibagian tengahnya

Sumber : (Supriyadi & Muntohar, 2007)

Jembatan-jembatan primitif mulai dikembangkan oleh bangsa Indian, Yunani, Romawai, dan China. Perkembangan jembatan semakin maju, antara lain dikarenakan penemuan-penemuan material yang baru antara lain kayu atau batu digabung dengan besi. Dengan penemuan baja pada tahun 1825, masa

pembangunan jembatan modern dimulai dengan pembangunan jembatan kereta api dan jalan raya dengan bentang jembatan yang panjang (Manu, 1995).

Di Indonesia sendiri, sampai saat ini belum ada suatu dokumentasi data-data mengenai perkembangan jembatan yang ada baik dari segi material, jenis, maupun tahun pembuatan jembatannya. Namun umumnya kita bisa menemukan jembatan gelagar baja yang dibangun sejak sebelum kemerdekaan R.I., yaitu pada zaman kolonial Belanda yang sampai kini diantaranya masih tetap digunakan. Dari buletin “De Ingenieur” terbitan 1917/No. 4 dapat diketahui mengenai beberapa jembatan rangka baja yang pernah dibangun di Indonesia diantaranya jembatan K.A. melintasi kali Serayu di bangun pada tahun 1915. Juga jembatan rangka baja lainnya, Ci Sondari, Way kommering, Ciwedej yang dibangun oleh Prof. Dr. Ir. J.H.A. Haarman dan Prof. Ir. P.P. Bijlaard (Manu, 1995).

3. Kegunaan, Bahan, Tipe, dan Bagian-bagian dari Jembatan

a. Fungsi jembatan

Berdasarkan fungsinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut (Manu, 1995) :

- 1) Jembatan jalan raya.
- 2) Jembatan jalan kereta api.
- 3) Jembatan jalan air.
- 4) Jembatan militer.
- 5) Jembatan pejalan kaki atau penyeberangan orang (*viaduct*).

b. Bahan konstruksi jembatan

Berdasarkan bahan konstruksinya, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam :

- 1) Jembatan kayu (*log bridge*)
- 2) Jembatan beton (*concrete bridge*)
- 3) Jembatan baja (*steel bridge*)
- 4) Jembatan prategang (*prestressed concret bridge*)
- 5) Jembatan komposit (*compossite bridge*)

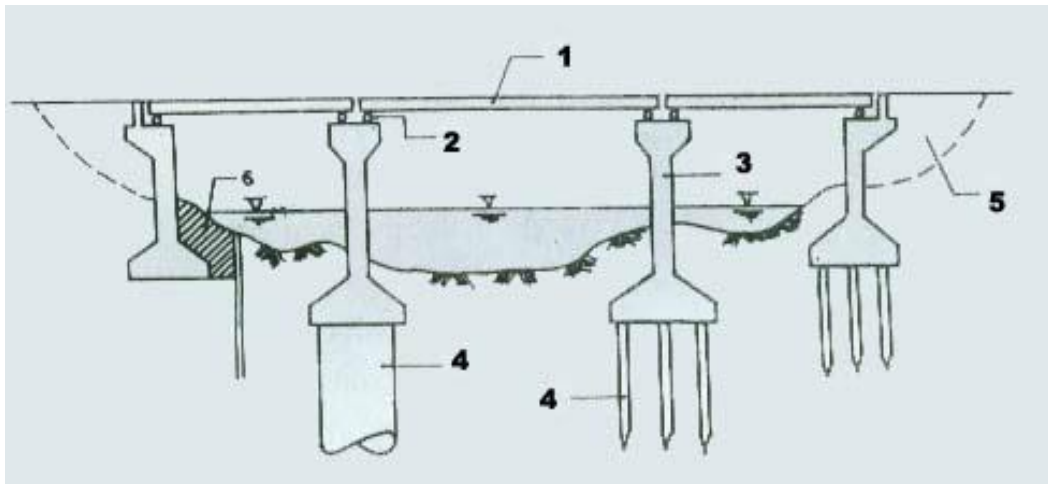
c. Tipe-tipe struktur jembatan

Berdasarkan tipe struktur secara umum, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam (Manu, 1995) :

- 1) Jembatan gelagar (*girder bridge*)
- 2) Jembatan pelengkung/busur (*arch bridge*)
- 3) Jembatan rangka (*truss bridge*)
- 4) Jembatan Portal (*rigid frame bridge*)
- 5) Jembatan gantung (*suspension bridge*)
- 6) Jembatan kabel (*cable stayed bridge*)
- 7) Jembatan kantilever (*cantilever bridge*)

4. Bagian-bagian Jembatan

Menurut Struyk dan Van Der Veen (1995), suatu bangunan jembatan terdiri dari enam bagian pokok, yaitu:



Gambar 2.5 Bagian-bagian pokok jembatan

Keterangan gambar 2.5 :

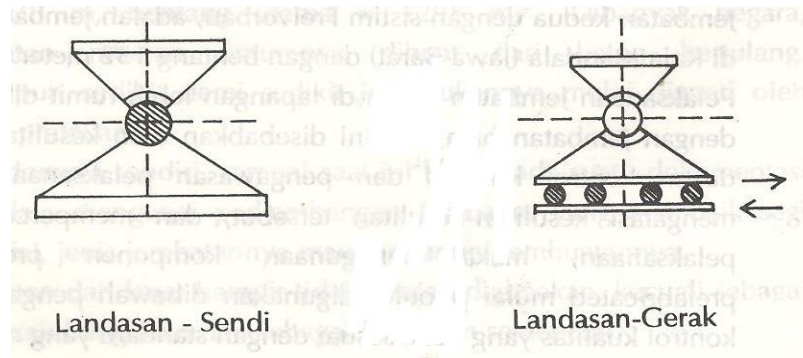
2.5.1 Bangunan Atas

Sesuai dengan istilahnya berada pada bagian atas suatu jembatan, berfungsi menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas orang, kendaraan, dan lain-lain. Kemudian beban tersebut disalurkan ke bangunan bawah.

2.5.2 Landasan

Bagian ujung bawah dari suatu bangunan atas yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas ke bangunan bawah.

Berdasarkan fungsinya dibedakan landasan sendi (fixed bearing) dan landasan gerak (movable bearing).

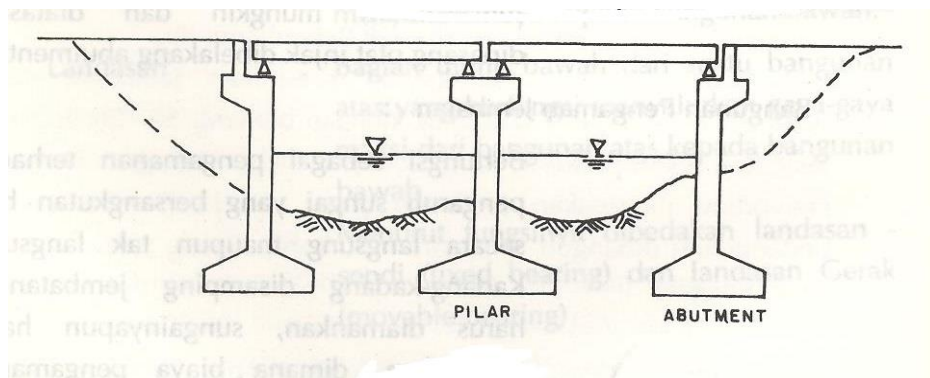


Gambar 2.6 Landasan Sendi dan Landasan Gerak

Sumber : Manu, 1995

2.5.3 Bangunan Bawah

Bangunan bawah pada umumnya terletak disebelah bawah bangunan atas. Fungsinya menerima atau memikul beban-beban tersebut selanjutnya oleh pondasi disalurkan ke tanah. Bangunan bawah diantaranya abutment dan pilar jembatan.



Gambar 2.7 Abutment dan Pilar pada bangunan bawah

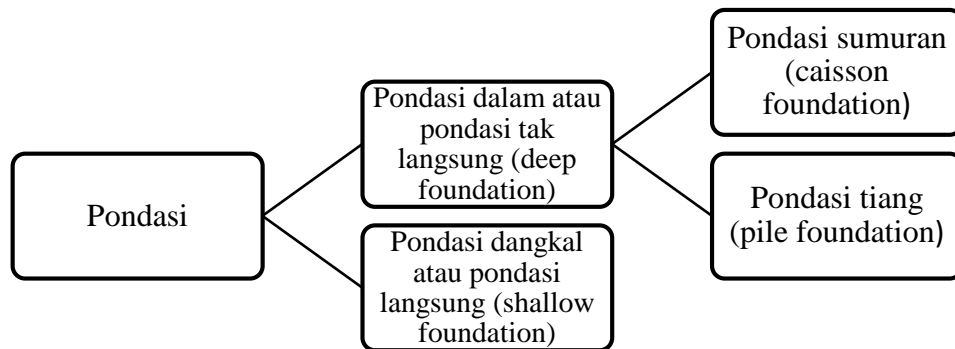
Sumber : Manu, 1995

- Abutment atau kepala jembatan adalah bagian bangunan pada ujung-ujung jembatan, selain sebagai pendukung bagi bangunan atas juga berfungsi sebagai penahan tanah.

- Pilar atau pier berfungsi sebagai pendukung bangunan atas. Bila pilar ada pada suatu bangunan jembatan letaknya diantara kedua abutment dan jumlahnya tergantung keperluan, sering kali pilar tidak diperlukan.

2.5.4 Pondasi

Berfungsi menerima beban-beban dari bangunan bawah dan menyalurkannya ke tanah. Secara umum pondasi dapat dibedakan :



Gambar 2.8 Grafik pondasi

Sumber : Manu, 1995

2.5.5 Oprit

Oprit merupakan timbunan tanah di belakang abutment. Timbunan tanah ini harus dibuat sepadat mungkin, untuk menghindari terjadinya penurunan (settlement). Apabila ada penurunan, terjadi kerusakan pada expansi joint yaitu bidang pertemuan antara bangunan atas dengan abutment.

2.5.6 Bangunan Pengaman Jembatan

Bangunan pengaman jembatan merupakan bangunan yang berfungsi sebagai pengaman terhadap pengaruh sungai yang bersangkutan baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

B. *Value Engineering* (Rekayasa Nilai)

1. Definisi *value engineering* (rekayasa nilai).

Rekayasa nilai adalah suatu alat / tool atau teknik dalam dunia konstruksi yang bertujuan untuk memperoleh penghematan biaya tanpa mengurangi kualitas dan fungsi dari produk yang dihasilkan. Selain itu rekayasa nilai adalah :

- a. Usaha terorganisasi secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik, mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis). (Iman Soeharto, Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional, 2001).
- b. Suatu usaha kreatif dalam mencapai suatu tujuan dengan mengoptimalkan biaya dan kinerja dari suatu fasilitas atau sistem (Abrar Husen, Manajemen Proyek, 2011).
- c. Suatu pendekatan yang kreatif dan terorganisir dengan tujuan untuk mengoptimalkan biaya dan atau kinerja sebuah sistem atau fasilitas (Alphonse J. Dell Isola. *Value Engineering in Construction Industry*, 1975).

Dan menurut Zimmerman dan Hart *value engineering* bukanlah:

- a. Koreksi Desain (Design Review), *Value Engineering* tidak bermaksud mengoreksi kekurangan-kekurangan dalam desain, juga tidak bermaksud mengoreksi perhitungan-perhitungan yang dibuat oleh perencana.
- b. Proses membuat murah (A Cheapening Process), *Value Engineering* tidak mengurangi/memotong biaya dengan mengorbankan keadaan dan performa yang diperlukan.
- c. Sebuah keperluan yang dilakukan pada seluruh desain (A Requirement done on all design), *Value Engineering* bukanlah merupakan bagian dari jadwal peninjauan kembali dari perencana, tetapi merupakan analisis biaya dan fungsi.
- d. Kontrol Kualitas (Quality Control), *Value Engineering* lebih dari sekedar peninjauan kembali status gagal dan aman sebuah hasil desain.

2. Sejarah dan filosofi *value engineering* (rekayasa nilai)

Iman Soeharto dalam bukunya Manajemen Proyek – dari Konseptual sampai Operasional (2001), menyatakan bahwa *value engineering* (VE) berkembang selama perang dunia ke II. Ketika terjadi krisis sumber daya, sehingga memerlukan suatu perubahan dalam metode, material dan desain tradisional. Awal perang dunia ke II *General Electric Company* USA yang dipelopori oleh L.D. Miles

melakukan konsep VE sewaktu melayani keperluan peralatan perang dalam jumlah yang besar, dan ditujukan pertama-tama untuk mencari biaya yang ekonomis bagi suatu produk. Miles *menganalisis fungsi* setiap material dan ternyata ada material-material yang mempunyai fungsi yang sama tetapi harganya berbeda. Fungsi setiap material adalah nilai (*value*) material tersebut.

Dengan pemikirannya tentang analisis fungsi tersebut, pada tahun 1947 Mr. Miles mengembangkan suatu prosedur untuk menganalisis fungsi suatu produk yang disebut sebagai *Value Analysis*. Pada tahun 1954, metode *Value Analysis* diterapkan di *Navy Bureau of Ship* (NBS) Amerika. Sementara *General Electric* menerapkan metode *Value Analysis* pada produk yang sudah ada, NBS menerapkan metode analisis fungsi ini pada tahap mendisain suatu produk (*Engineering Stage*), yaitu dari pengkajian terhadap bagian produk eksisting ke peningkatan rancangan konsep. Metode ini kemudian dikenal dengan *Value Engineering*.

Ketika kontraktor dituntut untuk melakukan penghematan biaya tanpa mengurangi kualitas dan fungsi produk konstruksinya, para praktisi membentuk asosiasi pembelajaran di Washington, DC dengan nama '*Society of American Value Engineering* (SAVE)' pada tahun 1959. Dan pada tahun 1960an *Value Engineering* mulai diaplikasikan pada industri konstruksi.

3. Perkembangan *value engineering* (rekayasa nilai) di Indonesia

Value engineering (VE) mulai diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1986 oleh bapak Dr. Ir. Suriana Chandra melalui seminar-seminar di berbagai kota. Pada tahun itu juga, metode ini digunakan pada Proyek Pembangunan Jalan Layang Cawang. Selanjutnya, pada tahun 1987, Badan Perencana Pembangunan Nasional (Bappenas), Departemen Keuangan, dan Direktorat Jenderal Cipta Karya mengajukan pemakaian VE di Indonesia untuk seluruh pembangunan rumah dinas dan gedung negara di atas satu miliar rupiah.

Periode sejak berikutnya yaitu tahun 1990-an sampai awal 2003, perkembangan VE di Indonesia tidak banyak diketahui. Jika ditinjau dari regulasi

yang dikeluarkan oleh pemerintah terkait dengan konstruksi pada periode tersebut adalah sebagai berikut (Lestari, 2011):

- a. Undang-Undang Perumahan Dan Pemukiman Nomor 24 tahun 1992;
- b. Undang-Undang Jasa Konstruksi Nomor 18 tahun 1999;
- c. Undang-Undang Tentang Bangunan Gedung Nomor 28 tahun 2002;
- d. Peraturan Pemerintah Nomor 28,29,30 tahun 2000;
- e. Keputusan Menteri (Kepmen) Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil) Nomor 332/KPTS/M/2002 tentang pedoman Teknis Pembanguna Gedung Negara.

Maka tampaknya anjuran Bappenas tahun 1987 untuk menerapkan *value engineering* pada pembangunan rumah dinas dan gedung negara, tidak dilanjutkan dengan penyusunan regulasi yang lebih tinggi tingkatannya, karena tidak ada satu klausul pada regulasi periode tersebut yang menyinggung mengenai penerapan VE. Beberapa praktisi memperkirakan bahwa perkembangan VE pada periode ini telah terhenti.

4. Tujuan *value engineering* (rekayasa nilai)

Menurut Iman Soeharto (2001), tujuan *value engineering* adalah membedakan dan memisahkan antara yang diperlukan dan tidak diperlukan dimana dapat dikembangkan alternatif yang memenuhi keperluan (dan meninggalkan yang tidak perlu) dengan biaya terendah tetapi kinerjanya tetap sama atau bahkan lebih baik. Diharapkan dari penerapan teknik nilai tersebut diperoleh penghematan diantaranya:

- a. Penghematan biaya,
- b. Penghematan waktu,
- c. Penghematan bahan

Dengan memperhatikan aspek kualitas dari produk jadi.

Menurut (Dipohusodo, 1996 dalam Widiasanti & Lenggongeni, Manajemen Konstruksi, 2013), tujuan *Value Engineering* adalah mengurangi biaya proyek dengan cara meninjau pembiayaan-pembiayaan yang tidak dibutuhkan berkaitan

dengan masalah teknis yang teramati pada tahap pelaksanaan termasuk persiapannya tanpa mengurangi mutu, keandalan, serta fungsi proyek itu sendiri.

5. Waktu penerapan rekayasa nilai (*value engineering*)

Meskipun program rekayasa nilai dapat diterapkan sepanjang berlangsungnya proyek, lebih efektif bila program rekayasa nilai sudah diaplikasikan pada saat tertentu dalam tahap perencanaan untuk menghasilkan penghematan yang sebesar-besarnya. Semakin lama saat penerapan program rekayasa nilai potensi penghematan akan semakin kecil, pada suatu saat potensi penghematan dan biaya perubahan akan mencapai titik impas yang berarti tidak ada penghematan yang dapat dicapai.

Menurut Husen (2011), pelaksanaan rekayasa nilai dilakukan dengan waktu tahapan sebagai berikut:

- a. Pada tahapan selama atau segera setelah *detail engineering design* belum diserahkan kepada kontraktor, dimana tanggung jawab studi adalah pemilik proyek. Konsultan rekayasa nilai yang ditunjuk oleh pemilik proyek melakukan penyempurnaan desain serta mencari alternatif lain, baik jenis dan spesifikasi material maupun dimensi dari instalasi yang akan dibangun tanpa mengurangi fungsi instalasi yang diinginkan.
- b. Pada tahapan selama atau sebelum pelaksanaan konstruksi, dengan tanggung jawab kontraktor. Setelah menerima dokumen kontrak yang terdiri atas spesifikasi teknis dan gambar-gambar kerja, kontraktor mengevaluasi penggunaan material, baik spesifikasi jenis maupun dimensinya berdasarkan pengalaman kontraktor melakukan pekerjaan sejenis. Bila hasil evaluasi diperoleh penghematan biaya, maka pemilik proyek memberikan bonus kepada kontraktor sebagai jasa tata usahanya melakukan penghematan.

6. Pengertian Nilai, Fungsi, dan Biaya

Sebelum membahas rekayasa nilai lebih jauh, alangkah baiknya terlebih dahulu mengetahui pengertian Nilai, Fungsi, dan Biaya.

a. Nilai (*Value*)

Nilai (*value*) mempunyai arti yang sulit dibedakan dengan biaya (*cost*) atau harga (*price*). Nilai mengandung arti subyektif, apalagi bila dihubungkan dengan moral, etika, sosial, ekonomi dan lain-lain. Pengertian nilai dibedakan dengan biaya karena hal-hal sebagai berikut (Soeharto, 2001) :

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

b. Biaya (*Cost*)

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi, dan mengaplikasikan produk. Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, reliabilitas, dan *maintainability* karena ini akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai. Biaya pengembangan merupakan komponen yang cukup besar dari total biaya, sedangkan perhatian terhadap biaya produksi amat diperlukan karena sering mengandung sejumlah biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*) (Soeharto, 2001).

Tabel 2.1 Komponen-komponen total biaya.

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

Selanjutnya komponen-komponen pada tabel 2.1. dianalisa untuk dibandingkan dengan standart yang dimiliki oleh perusahaan yang bersangkutan.

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

1) Material

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

2) Tenaga kerja

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

3) Overhead

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

c. Fungsi (*Function*)

Pemahaman akan arti fungsi amat penting dalam mempelajari rekayasa nilai, karena fungsi akan menjadi objek utama dalam hubungannya dengan biaya. Untuk mengidentifikasinya L.D. Milles menerangkan sebagai berikut (Soeharto, 2001) :

1) Suatu sistem memiliki bermacam-macam fungsi yang dapat dibagi 2, diantaranya :

- a) Fungsi dasar yaitu alasan pokok sistem itu terwujud. Contohnya konstruksi pondasi, fungsi pokoknya menyalurkan beban bangunan kepada tanah basah, hal tersebut yang mendorong pembuatan konstruksi pondasi. Sifat-sifat fungsi dasar adalah sekali ditentukan tidak dapat diubah lagi. Bila fungsi dasarnya telah hilang, maka hilang pula nilai jual yang melekat pada fungsi tersebut.
- b) Fungsi sekunder, yaitu kegunaan tidak langsung untuk memenuhi dan melengkapi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya. Fungsi sekunder sering kali dapat menimbulkan hal-hal yang kurang

menunguntungkan. Misalnya, struktur pondasi basemen dapat digunakan sebagai ruang parkir atau penggunaan lainnya, tetapi dapat mengakibatkan terjadinya perubahan muka air tanah. Jika fungsi sekunder dihilangkan tidak akan mengganggu kemampuan dari fungsi utama.

- 2) Untuk mengidentifikasi fungsi dengan cara yang mudah adalah dengan menggunakan kata kerja dan kata benda, seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Identifikasi fungsi dengan menggunakan kata kerja dan kata benda

Barang atau Jasa	Fungsi	
	Kata Kerja	Kata Benda
1. Truck	Mengangkut	Barang
2. Pompa	Mendorong	Air
3. Cangkul	Menggali	Tanah

Sumber : Soeharto, 2001

7. Adanya biaya-biaya yang tidak perlu (*Unnecessary Cost*)

Pada pelaksanaan proyek konstruksi sering terjadi *overbudget*, hal ini karena adanya biaya-biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*). Alasan-alasan mengenai biaya-biaya yang tidak perlu adalah sebagai berikut (Dell' Ishola) :

- a. Kurangnya Informasi
Data yang tidak cukup mengenai fungsi owner/ pengguna inginkan/ butuhkan dan informasi material baru, produk yang dapat mempertemukan kebutuhan ini.
- b. Kekurangan Ide
Kegagalan untuk mengembangkan solusi alternatif, di beberapa kasus, akan mendatangkan *unnecesssary cost*.
- c. Keadaan Sementara
Desain, jadwal dan pengiriman yang mendesak dapat memaksa pembuat keputusan mencapai kesimpulan cepat untuk memenuhi persyaratan waktu tanpa memperhatikan nilai yang baik.

- d. Kepercayaan yang salah
Unncessary cost juga sering disebabkan oleh keputusan yang didasarkan pada apa yang pembuat keputusan percaya sebagai keputusan yang benar, dari pada mempertimbangkan pada kondisi nyata.
- e. Kebiasaan dan Perilaku
Manusia menciptakan kebiasaan. Sebuah kebiasaan adalah bentuk dari respon, melakukan hal yang sama, cara sama, pada kondisi sama. Kebiasaan adalah reaksi dan respon yang orang pelajari secara otomatis, tanpa berpikir dan memutuskan. Kebiasaan adalah bagian penting dari kehidupan, tetapi ada satu hal yang harus dipertanyakan, “Apakah saya melakukan cara ini karena cara ini adalah cara yang terbaik, karena saya merasa nyaman dengan metode ini, atau karena saya selalu melakukan cara ini”.
- f. Perubahan kebutuhan owner
Sering kebutuhan baru owner memaksa perubahan selama desain atau konstruksi yang meningkatkan biaya dan merubah jadwal.
- g. Kurang komunikasi dan koordinasi
VE membuka saluran komunikasi bahwa alat diskusi persoalan dan mengijinkan mengepresikan pendapat.
- h. Standart dan spesifikasi kuno
Beberapa standart dan spesifikasi yang digunakan dalam konstruksi berumur kurang dari sepuluh tahun. Sebagai teknologi yang baru, pembaharuan berkelanjutan terhadap data diperlukan, tetapi ini sering kali tidak sempurna.

Setiap alasan untuk nilai yang jelek ini menyediakan sebuah kesempatan untuk memperbaiki keputusan yang dibuat dan sebuah area dimana upaya *value engineering* adalah tindakan yang tepat.

8. Bagian-bagian dasar rekayasa nilai (*value engineering*)

Menurut Zimmerman dan Hart ada beberapa unsur utama yang sering disebut dengan *Key Element Of Value Engineering*. Unsur tersebut antara lain :

- a. **Analisa Fungsi (*Function Analysis*)**
Analisa fungsi merupakan basis utama di dalam *Value Engineering*. Karena analisa inilah yang membedakan VE dengan teknik-teknik penghematan biaya lainnya. Analisa fungsi ini diidentifikasi dengan menggunakan deskripsi yang terdiri dari dua kata, yaitu kata kerja dan kata benda.
- b. **Berpikir kreatif (*Creatif Thinking*)**
Dalam melakukan analisa dibutuhkan suatu pengembangan suatu konsep/ gagasan/ pikiran baru yang belum ada pada pemikiran sebelumnya.
- c. **Model Pembiayaan (*Cost Model*)**
Model pembiayaan ini digunakan sebagai metode untuk mengatur biaya kedalam fungsi melalui perbandingan Basic Cost dan Actual Cost.
- d. **Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)**
Analisa ini dilakukan untuk menentukan alternatif dengan biaya terendah.
- e. **Teknik Dalam Analisa Fungsi (*Function Analysis Technique/ FAST*)**
Adalah suatu teknik kunci digunakan untuk mendefinisikan dan menguraikan struktur fungsional.
- f. **Biaya dan Nilai (*Cost and Worth*)**
Pada rekayasa nilai perlu diperhatikan tentang perbedaan antara arti nilai dan biaya. Hal ini bertujuan untuk mempermudah analisa yang dilakukan.
- g. **Kebiasaan dan Sikap (*Habits and Attitude*)**
Kebiasaan dan sikap seseorang sering kali berpengaruh dalam pengambilan keputusan terutama saat menghadapi permasalahan.
- h. **Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering Job Plan*)**
Pendekatan yang sistematis dan terorganisir adalah kunci utama rekayasa nilai yang berhasil.
- i. **Manajemen Hubungan antar pelaku dalam Rekayasa Nilai**
Memelihara hubungan yang baik antar tim Rekayasa Nilai dengan seluruh unsur yang terlibat.

Setiap bagian-bagian tersebut diatas harus digunakan dalam studi VE untuk sebuah proyek.

9. Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering Job Plan*)

Salah satu ciri spesifik dari rekayasa nilai adalah diterapkannya metodologi yang berupa langkah secara sistematis dari awal analisa hingga mendapatkan hasil akhir yang dapat dipertanggung jawabkan. Sistematika itu terdiri dari tahap-tahap yang saling berhubungan satu sama lain yang menjelaskan proses analisa secara jelas dan terpadu. Tahap-tahap tersebut dikenal sebagai Rencana Kerja Rekayasa Nilai (*Value Engineering Job Plan*).

Menurut Soeharto (2001) langkah-langkah sistematis VE antara lain :

a. Tahap informasi

Sebagai tahap awal dari rencana kerja rekayasa nilai, maka hal pertama yang harus dilalui adalah mengumpulkan informasi berupa data-data proyek secara umum maupun data-data item pekerjaan kemudian mentabulasi data-data yang berhubungan dengan item yang akan distudi dan menentukan item pekerjaan dengan mendefinisikan fungsi, sehingga diperoleh item pekerjaan yang memungkinkan untuk dilakukan rekayasa nilai. Dalam tahap informasi ini ada tiga jenis analisa yang dilakukan, yaitu:

1) Breakdown cost model

Pada model ini sistem dipecah dari elemen tertinggi sampai elemen terendah, dengan mencantumkan biaya untuk tiap elemen untuk melukiskan distribusi pengeluaran.

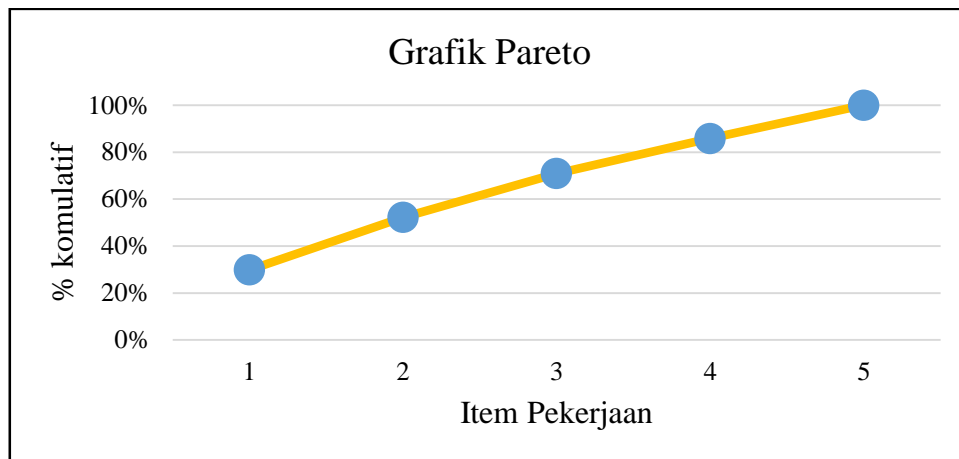
Tabel 2.3 Contoh tabel *breakdown cost model*

No	Item Pekerjaan	Biaya (Rp.)	Presentase Biaya (%)	Biaya Komulatif (Rp.)	Presentase Komulatif (%)
1	Pekejaan D	2.000.000	30%	2.000.000	30%
2	Pekejaan C	1.500.000	22%	3.500.000	52%
3	Pekejaan E	1.250.000	19%	4.750.000	71%
4	Pekejaan A	1.000.000	15%	5.750.000	86%
5	Pekejaan B	950.000	14%	6.700.000	100%
Total		6.700.000	100%	6.700.000	100%

Sumber : Sabrang (1998)

2) Hukum distribusi Pareto

Hukum Pareto berbunyi 20 % dari total item pekerjaan mewakili/terletak pada 80% dari total suatu anggaran proyek, dengan kata lain akan dilakukan proses seleksi pada 20 % item pekerjaan yang memiliki potensi biaya terbesar dalam suatu proyek tersebut. Sisa item pekerjaan hanya memiliki biaya biaya rendah, sehingga tidak dilakukan studi pada item pekerjaan tersebut.



Gambar 2.9 Hukum distribusi Pareto

3) Analisis fungsi

Setelah item pekerjaan yang berpotensi untuk dilakukan rekayasa nilai telah diperoleh maka tahap selanjutnya dilakukan analisis fungsi. Analisis fungsi merupakan bagian penting dalam rekayasa nilai karena pada bagian inilah yang membedakan rekayasa nilai dengan teknik-teknik penghematan biaya lainnya. Analisis fungsi dilakukan dengan mengidentifikasi fungsi yang terdiri dari kata kerja dan kata benda. Dan langkah selanjutnya dilakukan perbandingan antara nilai tukar dengan nilai primer atau yang sering dikenal dengan sebutan indeks nilai. Menurut (Sabrang, 1998) indeks nilai adalah perbandingan antara nilai tukar (N_t) atau harga barang atau jasa semula dengan nilai primer (N_p) atau harga barang atau jasa untuk komponen-komponen yang mendukung fungsi primer barang atau jasa tersebut. Dengan ketentuan sebagai berikut :

- a) $N_t/N_p < 1$, maka *value engineering* tidak layak dilakukan, upaya akan mengalami kerugian.

- b) $Nt/Np = 1$, maka *value engineering* tidak layak dipertimbangkan untuk dilakukan, karena upaya akan *break even*.
- c) $Nt/Np > 1$, maka *value engineering* layak dipertimbangkan untuk dilakukan.

Tabel 2.4 Contoh tabel analisis fungsi

No	Uraian	Fungsi		Fungsi	Indeks Nilai Primer (Rp.)	Indeks Nilai Tukar (Rp.)
		Kata Kerja	Kata Benda			
1	Truk	Mengangkut	Barang	Primer	600.000	2.000.000
2	Pompa	Mendorong	Air	Primer	300.000	
3	Cangkul	Menggali	Tanah	Sekunder	200.000	
Jumlah (Rp.)					1.100.000	2.000.000
Indeks Nilai Tukar / Indeks Nilai Primer					1,82	

Sumber : Soeharto (2001)

b. Tahap spekulasi

Dalam tahap inilah mulai diperlukan kreatifitas. Dalam *value engineering*, berfikir kreatif adalah hal yang sangat penting dalam mengembangkan ide-ide untuk mendapatkan alternatif-alternatif desain yang dapat memenuhi fungsi yang sama pada item kerja terpilih. Alternatif yang diusulkan mungkin didapat dari pengurangan komponen, penyederhanaan, ataupun memodifikasi dengan tetap mempertahankan fungsi utama dari objek (Soeharto, 2001). Dalam hal ini sangat diharapkan tumbuhnya ide (gagasan) yang semaksimal mungkin, sedangkan tiada satu ide pun yang akan mendapatkan kritik (Barrie dan Paulson, 1995).

Untuk menumbuhkan beberapa alternatif ide yang mungkin dapat meningkatkan nilai, dilakukan dengan beberapa cara, antara lain *brainstorming*, *gordon technique*, *nominal group technique*, dan sebagainya.

c. Tahap analisa

Tujuan dari tahap analisa adalah menganalisa dan mengkritik alternatif-alternatif yang telah ditentukan pada tahap spekulasi.

Menurut Barrie dan Paulson (1995) menyatakan, alternatif-alternatif yang dihasilkan pada tahap spekulasi dibawa dan dibahas lebih jauh pada tahap analisis. Serangkaian analisis yang dilakukan atas setiap alternatif yang dihasilkan tersebut bertujuan :

- 1) Mengadakan evaluasi, mengajukan kritik dan menguji alternatif yang dihasilkan dalam setiap tahap kreatif.
- 2) Memperkirakan nilai rupiah untuk setiap alternatif.
- 3) Menentukan salah satu alternatif yang memberikan kemampuan penghematan biaya terbesar namun dengan mutu, penampilan dan keandalan terjamin.

O'Brien dalam Barrie dan Paulson, 1995, memberi batasan-batasan dalam melakukan tahap ini. batasan-batasan tersebut antara lain :

- 1) Menghilangkan gagasan-gagasan yang tidak dapat memenuhi kondisi lingkungan dan operasi.
- 2) Menyingkirkan untuk sementara waktu semua gagasan yang berpotensi namun berada di luar kemampuan atau teknologi saat ini.
- 3) Mengadakan analisa biaya mengenai gagasan selebihnya.
- 4) Membuat daftar dari gagasan dengan segi penghematan yang bermanfaat, termasuk potensi keunggulan maupun kelemahannya.
- 5) Memilih gagasan dengan keunggulan yang melebihi kelemahannya dan mengusulkan segala sesuatu yang memberi penghematan terbesar.
- 6) Mempertimbangkan kendala penting seperti estetika, keawetan, dan kemudahan pengerjaannya sehingga dapat membuat suatu daftar yang lengkap.

d. Tahap pengembangan

Pada tahap ini alternatif-alternatif yang terpilih pada tahap sebelumnya dibuat program pengembangannya sampai menjadi usulan yang lengkap.

Tujuan dari tahap pengembang adalah (Barrie dan Paulson, 1995) :

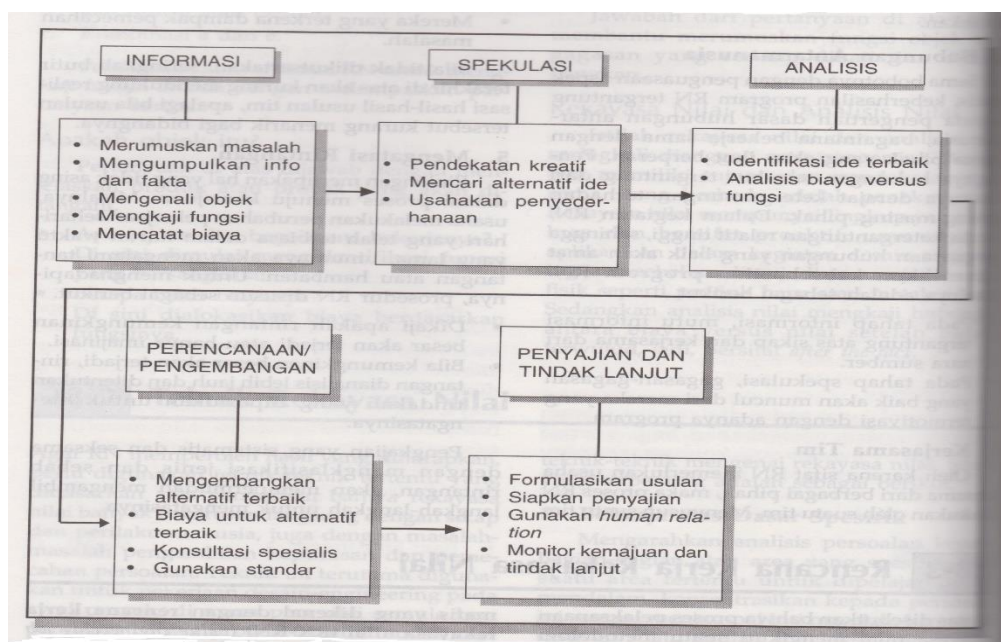
- 1) Menilai kelayakan teknis dari setiap alternatif-alternatif yang berhasil.
- 2) Mendapatkan informasi yang mantap berkenan dengan alternatif yang berhasil.
- 3) Mengembangkan rekomendasi tertulis.

e. Tahap penyajian dan program tindak lanjut

Tahap ini adalah tahap akhir proses *value engineering*, yang terdiri dari persiapan dan penyajian kesimpulan hasil *value engineering* kepada yang berkepentingan. Semua varian aspek teknis dan biaya desain semula dibandingkan

hasil *value engineering* dipaparkan dengan jelas. Jadi, laporan akhir akan berisikan sebagai berikut (Soeharto, 2001) :

- 1) Identifikasi objek atau proyek.
- 2) Penjelasan fungsi masing-masing komponen dan keseluruhan komponen, sebelum dan sesudah dilakukan rekayasa nilai.
- 3) Perubahan desain (pengurangan, peningkatan) yang diusulkan.
- 4) Perubahan biaya, dan
- 5) Total penghematan biaya yang akan diperoleh.



Gambar 2.10 langkah-langkah pada proses Rekayasa Nilai

Sumber : Soeharto, 2001

C. Pondasi

Sebelum merencanakan pondasi terlebih dahulu harus mengetahui jenis tanah di lokasi tersebut dengan cara pengujian tanah terlebih dahulu, pengujian tanah dapat dilakukan dengan alat *Cone Penetration Test* (CPT) atau dengan *Standart Penetration Test* (SPT). Data pengujian tanah diperlukan untuk membuat perencanaan kapasitas dukung pondasi sebelum pembangunan dilakukan.

Tanah selalu mempunyai peranan penting dalam suatu pekerjaan konstruksi. Tanah adalah dasar pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Istilah pasir, lempung, lanau, atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Untuk tanah jenis lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif atau plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif (Hardiyatmo, 2001).

D. Pondasi Bored Pile

Menurut Hardiyatmo (2010), pondasi bored pile adalah pondasi yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah terlebih dahulu. Pemasangan pondasi bored pile ke dalam tanah dilakukan dengan mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan selanjutnya dicor beton. Apabila jenis tanah lempung atau mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut *temporary casing* untuk menahan dinding lubang dari gerusan, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton.

1. Keuntungan pondasi bored pile

Ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi bored pile jika dibandingkan dengan tiang pancang, yaitu :

1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya,
2. Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (pile cap). Kolom dapat secara langsung diletakkan di puncak bored pile,
3. Kedalaman tiang dapat divariasikan,
4. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium,
5. Bored pile dapat dipasang menembus bebatuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batuan,
6. Diameter tiang mungkin dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya,
7. Tidak ada resiko kenaikan muka air tanah.

2. Kerugian pondasi bored pile

Kerugian menggunakan pondasi bored pile yaitu :

1. Pengecoran bored pile dipengaruhi kondisi cuaca,
2. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik,
3. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan bored pile mengurangi kapasitas dukung bored pile, terutama bila bored pile cukup dalam,
4. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil,
5. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang,
6. Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang temporary casing untuk mencegah terjadinya kelongsora.

3. Metode pelaksanaan pondasi bored pile

Pada dasarnya pelaksanaan bored pile pada tanah yang mudah longsor adalah :

1. Membersihkan lokasi pekerjaan dan mempersiapkan alat,
2. Menentukan alur / rute pengeboran,
3. Menentukan titik koordinat pondasi dengan menggunakan alat theodolit.
4. Pembuatan drainase dan kolam air, tujuannya adalah untuk membuang air atau lumpur dari hasil pengeboran,
5. Proses pengeboran, tanah digali sampai kedalaman yang diinginkan,
6. Instalasi tulangan dan Pipa Tremie. Tulangan yang telah dirakit sebelumnya dimasukan kedalam lubang menggunakan alat crane, selanjutnya pipa tremie dimasukan. Tujuan menggunakan pipa tremie adalah untuk menghindari kelongsoran pada saat pengecoran.
7. Pengecoran dengan ready mix concrete (Concreting). Untuk menghindari terjadinya kelongsoran pengecoran harus dilakukan sesegerah mungkin.

8. Penutupan Kembali. Setelah proses pengecoran selesai lubang ditutup kembali menggunakan tanah agar dapat dilalui oleh truk dan alat berat lainnya.

4. Kapasitas daya dukung pondasi tiang bored pile dari data SPT

Standart Penetration Test (SPT) adalah percobaan pengambilan sampel tanah tak terganggu dilapangan. Untuk menentukan daya dukung pondasi dari data SPT dapat menggunakan metode Meyerhoff (1976). Dengan formula dalam bentuk:

- a. Untuk jenis tanah non kohesif :

$$Q_p = 40 \times N_{SPT} \times D \times L \times A_p < 400 \times N_{SPT} \times A_p \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Q_s = 2 \times N_{SPT} \times p \times L \dots\dots\dots (2.2)$$

- b. Untuk jenis tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p \dots\dots\dots (2.3)$$

$$Q_s = \alpha \times c_u \times p \times L_i \dots\dots\dots (2.4)$$

- c. Kapasitas dukung ijin tiang (kN)

$$Q_{ijin} = \frac{Q_p + Q_s}{SF}$$

Dimana :

Q_{ijin} = kapasitas dukung yang diijinkan (kN)

Q_p = Kapasitas dukung ujung tiang (*end bearing*).

Q_s = Kapasitas geser selimut tiang (*skin friction*).

D = Diameter tiang (m).

L = Panjang tiang (m).

L_i = Panjang lapisan tanah (m).

N_{SPT} = Nilai atau jumlah pukulan SPT.

A_p = Luas tiang (m^2).

P = Keliling tiang (m).

C_u = Cohesi undrained = $N_{SPT} \times 2/3 \times 10$ (kN/m).

α = Kohesi adhesi.

SF = Safety faktor (2.3).

d. Menentukan jumlah tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{ijin}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

P_u = Beban yang bekerja pada abutment (kN).

n = Jumlah tiang (buah).

e. Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = \frac{P_u}{n \cdot Q_{ijin}} \dots\dots\dots (2.6)$$

f. Kontrol kelompok tiang

$$= n \times E_g \times Q_{ijin} > P_u \dots\dots\dots (2.7)$$

E. Pondasi Tiang Pancang

Dengan pondasi tiang pancang pembuatan bangunan gedung, jembatan dan dapat diatasi walaupun daya dukung tanah tidak memenuhi persyaratan dan sangat kecil. Pondasi tiang pancang dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu, Wilopo (2009) :

- a. *Large displacement pile*, terdiri dari tiang dengan penampang yang solid atau hollow dengan ujung tertutup. Contoh: Kayu dolken, Beton precast, Beton prestressed, Pipa baja (ujung tertutup), dan sebagainya.
- b. *Small displacement pile*, adalah juga dipancang atau dijacking, namun pipanya relatif lebih kecil. Contoh: tiang baja roll atau baja penampang H atau I.
- c. *Replacement pile*, dibentuk dengan pertama kali memindahkan tanah dengan boring machine. Beton dimasukan kedalaman lubang dengan casing atau tanpa casing. Casing tersebut dapat ditarik selama pengecoran (bored pile).

1. Pemilihan tiang pancang yang tepat sangat ditentukan oleh faktor-faktor berikut ini, Wilopo (2009) :

- a. Lokasi dan jenis bangunan/ struktur

Beberapa bentuk tiang *displacement* adalah pilihan pertama untuk bangunan laut. Tiang beton precast atau prestressed solid dapat digunakan dalam air yang relatif dangkal, tetapi dalam air yang dalam tiang solid menjadi terlalu berat. Sehingga pipa baja lebih favorable. Untuk bangunan didarat, tiang bor (bored pile) dapat dibuat sampai diameter besar dan dalam. Cocok untuk bangunan-bangunan *high rise*.

- b. Kondisi tanah setempat

Kondisi tanah kohesif yang firm hingga stiff. Pondasi bored pile lebih cocok. Untuk tanah yang lepas, pengeboran harus dibantu dengan casing.

- c. Keawetan

Tiang pancang kayu, akan mengalami pelapukan diatas muka air tanah. Tiang beton prestress yang dipadatkan sempurna dan memakai semen tahan sulfat tidak mengalami korosi dalam air laut. Untuk pipa baja harus diproteksi dengan cat anti kororsi.

Karena tiang pancang itu berat dan panjang, maka diperlukan peralatan khusus untuk mempermudah pelaksanaan pemancangannya. Alat tersebut diantaranya :

1. Drop hammer,
 2. Single acting hammer.
 3. Diesel hammer.
 4. Vibratory hammer,
 5. Pemancangan dengan penekanan hidarulika.
2. Metode pelaksanaan
- Proses pelaksanaan pemancangan tiang adalah :
1. Persiapan Lokasi Pemancangan,
 2. Persiapan Alat Pemancang,
 3. Penyimpanan Tiang Pancang,
 4. Pemancangan.

3. Kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang

Standart Penetration Test (SPT) adalah percobaan pengambilan sampel tanah tak terganggu dilapangan. Penentuan kuat dukung tiang didasarkan pada panjang tiang yang akan digunakan, dengan menggunakan metode Meyerhoff (1956). Dengan jenis tanah kohesif, Meyerhoff (1956) menganjurkan kapasitas dukung tiang pancang sebagai berikut :

- a. Menentukan kapasitas dukung tiang pancang dari data SPT

$$Q_u = 40 \times N_b \times A_p < 380 \times N_b \times A_p \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Q_{all} = Q_u / SF \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$Q_{allowable}$ = Kapasitas dukung diijinkan (kN).

Q_u = Kapasitas dukung ultimit tiang pancang (kN).

N_b = Nilai rata-rata N_{SPT} pada dasar tiang $(=(N_1+N_2)/2)$.

N_1 = Nilai rata-rata N_{SPT} pada kedalaman 8D diatas tiang.

N_2 = Nilai rata-rata N_{SPT} pada kedalaman 2D dibawah tiang.

A_p = Luas penampang tiang (m).

SF = Safety Factor.

b. Menentukan jumlah tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{all}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

P_u = Beban yang bekerja pada abutment (kN).

n = Jumlah tiang (buah).

c. Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = \frac{P_u}{n \cdot Q_{ijin}} \dots\dots\dots (2.11)$$

d. Kontrol kelompok tiang

$$= n \times E_g \times Q_{ijin} > P_u \dots\dots\dots (2.12)$$

F. Penelitian terdahulu mengenai rekayasa nilai (*value engineering*)

Penelitian serupa mengenai *value engineering* telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti, antara lain :

1. Vincentus Untoro Kurniawan, dalam Tugas Akhirnya mencapai gelar Sarjana S-1 Teknik Sipil Universitas Indonesia tahun 2009, dengan judul “*Penerapan Value Engineering Dalam Penyelenggaraan Infrastruktur Bidang Ke-PU-an Di Lingkungan Departemen Pekerjaan Umum Dalam Usaha Meningkatkan Efektivitas Penggunaan Anggaran*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor dominan yang mempengaruhi kesiapan pihak pengguna jasa dalam pelaksanaan *value engineering*, melakukan kajian analisis mengenai pengaruh penerapan

metode *value engineering* dapat meningkatkan pencapaian efisiensi penggunaan anggaran, dan melakukan evaluasi atas upaya pencapaian efisiensi biaya.

2. Totok Dwi Hermawan, dalam Tugas Akhirnya mencapai gelar Sarjana S-1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta tahun 2010, dengan judul "*Aplikasi Value Engineering Paada Proyek Pembangunan Gedung BPKP Yogyakarta*". Tujuan dari penelitian ini mendapatkan alternatif-alternatif pilihan untuk mengganti desain awal, menemukan perbedaan biaya dari pergantian alternatif-alternatif tersebut.
3. Sri Puji Lestari, dalam Tugas Akhirnya untuk mencapai gelar Sarjana S-1 Teknik Sipil Universitas Indonesia tahun 2011, dengan judul "*Penerapan Value Engineering Untuk Efisiensi Biaya Pada Proyek Bangunan Gedung Berkonsep Green Building*". Penelitian dalam Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui komponen-komponen yang berpotensi diefisienkan atau dihemat pada proyek bangunan berkonsep *green building*.
4. Johnneri Ferdian, dalam Tugas Akhirnya mencapai gelar Sarjana S-2 Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala Banda Aceh tahun 2015, dengan judul "*Penerapan Value Engineering Pekerjaan Bangunan Bawah Jembatan Pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang*". Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui item pekerjaan yang mempengaruhi rekayasa nilai pada bangunan bawah jembatan, menemukan alternatif pilihan untuk mengganti desain awal, dan mengetahui perbedaan biaya dari alternatif-alternatif terpilih.
5. Priscilia Girsang, dalam Tugas Akhirnya untuk mencapai gelar sarjana S-1 Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara tahun 2009 dengan judul "*Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tunggal Pada Proyek Pembangunan Gedung Crystal Square Jl. Imam Bonjol No. 6 Medan*". Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung daya dukung pondasi bore pile tunggal dari hasil sondir, standart penetrasi test (SPT), parameter kuat geser tanah dan loading test, loading tanah dan membandingkan hasil daya dukung bored pile tunggal dengan metode penyelidikan dari data sondir, standart penetrasi test (SPT), parameter kuat geser tanah dan loading test.