

## STUDI ANALISIS PELAKSANAAN PEKERJAAN PEMANCANGAN DENGAN METODE VALUE ENGINEERING PADA PROYEK INTERCHANGE MAUMBI - MANADO

Mario Christian Sombah  
A.K.T Dundu, Mochtar Sibi

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado  
Email: [riosombah@gmail.com](mailto:riosombah@gmail.com)

### ABSTRAK

Metode Value Engineering adalah suatu metode yang menganalisa masalah – masalah suatu proyek melalui pendekatan yang sistematis dan terorganisir dengan menghilangkan biaya – biaya yang tidak diperlukan tanpa mengurangi fungsi, penampilan, kualitas dan keandalan dari proyek tersebut. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui besarnya penghematan biaya pelaksanaan pemancangan dan faktor – faktor yang mempengaruhinya.

Proyek Interchange Manado By Pass merupakan bagian dari pembangunan outter ring road Manado. Proyek ini menggunakan tiang pancang sebagai pondasinya. Untuk mengerjakan pekerjaan pondasi pada proyek yang menggunakan tiang pancang sebagai pondasinya tentunya diperlukan suatu alat yang disebut alat pancang.

Pemilihan alternatif alat pancang merupakan masalah multi kriteria yang meliputi faktor-faktor kuantitatif dan kualitatif. Salah satu metode yang bisa digunakan dalam pemilihan alternatif alat pancang adalah dengan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Analisis VE dilakukan berdasarkan pembobotan kriteria kuantitatif hasil perhitungan yang dinormalisasi dan kriteria kualitatif.

Setelah dilakukan analisis terpilih Single Acting Diesel Hammer sebagai alat pancang yang sesuai dengan tiang pancang pipa baja dan jenis tanah pada lokasi proyek. Adapun biaya inisial dan biaya siklus hidup selama 50 tahun, diperlukan Rp. 50.026.779,60 untuk biaya pemancangan dengan besarnya penghematan yang terjadi pada pelaksanaan pekerjaan pemancangan adalah 29,32%.

**Kata kunci:** Value Engineering, Interchange, AHP

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Biaya proyek konstruksi yang besar dan mengalami kenaikan setiap tahun, menuntut para pihak yang terlibat di dalamnya mengedepankan efektifitas dan efisiensi. Kekurang efektifan dan keefisienan penggunaan bahan – bahan yang memiliki kualitas hampir sama tapi dari segi biaya dipandang lebih ekonomis justru kurang diperhatikan sehingga menimbulkan unnecessary cost walaupun secara kualitatif ataupun structural bangunan itu dinilai biasa – biasa saja. Banyak kasus menunjukkan adanya deviasi performance pelaksanaan pembangunan karena keterbatasan – keterbatasan kondisi seperti pada saat krisis berkepanjangan yang terjadi. Ditambah lagi

keterbatasan pendanaan yang tersedia tetapi tuntutan pembangunan harus tetap terlaksana karena vitalitas penggunaan yang tidak bisa ditunda. Hal ini dapat dilakukan dengan meninjau kembali desain proyek sehingga memungkinkan untuk melakukan penghematan biaya dengan cara mengidentifikasi dan mereduksi biaya-biaya yang tidak perlu tanpa mengurangi tingkat mutu, keandalan, serta fungsi proyek itu sendiri.

Dalam manajemen rekayasa konstruksi (MRK) terdapat suatu metode Value engineering yang adalah salah satu cara pendekatan yang kreatif dan terencana dengan tujuan untuk mencapai efisiensi dan efektivitas dengan mengidentifikasi dan mengefisienkan biaya-biaya yang tidak perlu. Value engineering digunakan untuk mencari alternatif-alternatif

atau ide-ide yang bertujuan untuk menghasilkan biaya yang lebih baik atau lebih rendah dari harga yang telah direncanakan sebelumnya dengan batasan fungsional dan mutu pekerjaan.

Proyek *Interchange Manado By Pass* merupakan bagian dari pembangunan outter ring road Manado dimana fly over yang dibangun akan menjadi simpang tak sebidang antara outter ring road dengan ruas jalan Manado – Bitung. Proyek ini menggunakan tiang pancang sebagai pondasinya. Untuk mengerjakan pekerjaan pondasi pada proyek yang menggunakan tiang pancang sebagai pondasinya tentunya diperlukan suatu alat yang disebut alat pancang. Pemilihan alternatif alat pancang merupakan masalah multi kriteria yang meliputi faktor-faktor kuantitatif dan kualitatif. Sehingga untuk melakukan pemilihan alternatif diperlukan suatu metode yang bisa menyertakan keduanya dalam pengukuran. Salah satu metode yang bisa digunakan dalam pemilihan alternatif alat pancang adalah dengan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dimana metode ini bisa menyertakan ukuran-ukuran kualitatif dan kuantitatif.

Dari latar belakang tersebut penulis tertarik untuk mengadakan suatu penelitian dengan melakukan analisis *Value engineering* yang diharapkan akan diperoleh suatu nilai efisiensi serta efektifitas dari proses pelaksanaan pemancangan pada proyek *Interchange Manado By Pass* tanpa mengabaikan kualitas maupun fungsi dari system pelaksanaan pemancangan dan mengetahui prioritas faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi pemilihan alternatif serta mengetahui alternative dan kriteria pemilihan alat pancang yang paling tepat pada Proyek *Interchange Manado By Pass*.

#### **Rumusan Masalah**

1. Apakah dengan menerapkan metode *value engineering* pada tahap pelaksanaan proyek dapat memberikan hasil berupa biaya yang lebih ekonomis.
2. Faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi proses pelaksanaan pekerjaan pemancangan.
3. Apa saja alternatif dan kriteria pada pemilihan alat pancang yang sesuai dengan Proyek *Interchange Manado By Pass*.

#### **Tujuan Penelitian**

1. Mendapatkan biaya pelaksanaan pemancangan yang paling ekonomis dari beberapa jenis alternatif alat pancang pada proyek Proyek *Interchange Manado By Pass*.
2. Menentukan faktor – faktor yang mempengaruhi proses pelaksanaan pekerjaan pemancangan.

#### **Batasan Penelitian**

1. Obyek penelitian adalah proyek pembangunan *Interchange Manado By Pass* yang berlokasi di Kecamatan Maumbi Kabupaten Minahasa Utara.
2. Subyek penelitian ini adalah pelaksanaan pekerjaan pemancangan dengan pemilihan alat pancang untuk pelaksanaan pemancangan yang paling ekonomis dan efisien.
3. Sudut pandang yang digunakan adalah sudut pandang dari kontraktor sebagai pelaksana proyek.
4. Pekerjaan yang ditinjau hanya pada pekerjaan pemancangan tiang pancang pipa baja sebagai pondasi tiang.

#### **Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan mengenai *value engineering* secara umum serta pengaruh analisis *value engineering* pada pelaksanaan proyek khususnya pada pekerjaan pemancangan.

### **LANDASAN TEORI**

#### **Definisi *Value engineering***

*Value engineering* adalah suatu metode yang didasarkan pada metodologi nilai. Ada beberapa definisi dari *value engineering*. Berawi (2004) menyebutkan bahwa *value engineering* merupakan suatu pendekatan analisa fungsi yang bertujuan untuk menekan biaya (*cost*) produksi atau proyek. *Value engineering* adalah teknik terefektif yang diketahui untuk mengidentifikasi dan menghapuskan biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*) dalam desain, pengujian, pabrikasi, konstruksi produk (Berawi dan Woodhead, 2007). Usaha yang terorganisir secara sistematis dan mengaplikasi suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik mengaplikasi fungsi produk atau jasa yang

bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah atau paling ekonomis (SAVE International, 2005)

### **Parameter Value engineering**

Konsep utama metode *value engineering* terletak pada fungsi nilai, biaya, dan fungsi atau manfaat. *Value engineering* memusatkan analisis pada masalah nilai terhadap fungsinya, bukan sekedar analisis biaya tetapi dicari biaya terendah yang dapat memenuhi fungsinya (Soeharto, 1997).

#### Nilai (value)

Nilai mengandung arti subyektif, apalagi bila dihubungkan dengan moral, etika, social, ekonomi dan lainnya. Setelah fungsi – fungsi suatu produk atau jasa teridentifikasi maka dilakukan evaluasi terhadap nilai kegunaan (*worth*) fungsi – fungsi tersebut.

#### Biaya (cost)

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan da;am mengembangkan, memproduksi dan aplikasi produk. 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*).

#### Fungsi

Fungsi adalah elemen utama dalam *value engineering*, karena tujuan *value engineering* adalah mendapatkan fungsi – fungsi yang dibutuhkan dari suatu item dengan biaya total terendah. Miles mengidentifikasinya sebagai berikut:

- a. Fungsi dasar yaitu suatu alasan pokok system ini terwujud, yaitu dasar atau alasan dari keberadaan suatu produk dan memiliki nilai kegunaan. Sifat dari fungsi dasar adalah sekali ditentukan tidak dapat diubah lagi. Bila suatu peralatan kehilangan fungsi dasarnya berarti kehilangan nilai jualnya di pasaran yang melekat pada fungsi tersebut.
- b. Fungsi kedua (*secondary function*), yaitu kegunaan yang tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya.

### **Hubungan Antar Parameter**

Hubungan antar ketiga parameter penting dalam metode *value engineering* (nilai, fungsi, biaya) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Fungsi}}{\text{Biaya}}$$

Nilai fungsional adalah biaya terendah untuk fungsi yang diberikan. Fungsi, maksud spesifik atau penggunaan yang dikehendaki dari suatu bagian atau proyek adalah karakteristik yang mana membuatnya bekerja (fungsi pekerjaan) atau terjual (fungsi penjualan). Fungsi yang berhubungan erat dengan nilai penggunaan (*use value*), atau bagian dan kualitas yang mana memberikan kepuasan dan keandalan dalam penggunaannya.

### **Waktu mengaplikasi Value engineering**

Secara teoritis, program *value engineering* dapat diaplikasikan pada setiap saat sepanjang waktu berlangsungnya proyek, dari awal hingga selesainya pelaksanaan pembangunan proyek itu. Lebih praktis, apabila *Value engineering* dapat diaplikasikan pada saat tertentu dalam tahap penyelesaian proyek untuk mencapai hasil maksimal.

### **Tahap Konsep Perencanaan**

Aplikasi Program *Value engineering* diusahakan sejak tahap konsep perencanaan, dimana akan diperoleh fleksibilitas yang maksimal (untuk melakukan perubahan-perubahan tanpa menimbulkan akibat yang merugikan).

Dengan berkembangnya proses Perencanaan, biaya untuk mengadakan perubahan-perubahan akan bertambah, sampai akhir mencapai suatu titik dimana tidak ada penghematan yang dapat dicapai.

Ini dapat dilihat pada Gambar 1.1 dimana penghematan yang berpotensi (*potensial saving*) habis ditelan oleh biaya untuk mengadakan perencanaan baru (*redesign*), pemesanan kembali (*reordering*), dan pembuatan skedul baru.

Pada tahap konsep perencanaan (*Concept Design Stage*) ini pemilik proyek menetapkan

- Tujuan (*Goals*)
- Keperluan-keperluan (*Requirement*)

- Kriteria-kriteria yang dapat dipakai (*Applicable Criteria*)

Perencana (*designer*) dapat menetapkan objektif dari proyek dan kerangka biaya yang menjadi rencana anggaran pembiayaan untuk menentukan batas-batas dari tahap desain konsep.

Studi telah membuktikan bahwa perencanaan mempunyai pengaruh yang terbesar pada biaya dari suatu proyek. Demikian pula pemilik Proyek yang menetapkan keperluan dan kriteria mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap biaya Proyek.

Pada tahapan ini, Studi *Value engineering* dapat membantu Pemilik Proyek untuk:

- Menetapkan keperluan-keperluan yang sebenarnya (*true requirement*) dan proyek tersebut yang mana memerlukan pengertian yang lengkap terhadap fungsi utama (*basic function*) yang akan ditampilkan di dalam perencanaan.

- Koordinasi yang terpadu antara Spesialis *Value engineering*, Pemilik Proyek dan Perencanaan, meneliti secara mendalam, menyeluruh dan menyatakan dengan tegas kebenaran dari semua keperluan-keperluan dan menghilangkan kesimpangsiuran
- Gambar 2.1 Daur Hidup Proyek Penghematan Potensial *Value engineering*

### **Tahap Akhir Perencanaan (*Late Design Stage*)**

Pada tahap ini, hasil konsep perencanaan telah diputuskan, bentuk dan ukuran telah diketahui yang mana memungkinkan untuk memberikan kepastian yang lebih teliti di dalam menentukan biaya-biaya dan sistim arsitektur dan struktur yang dipakai.

### **Tahap Pelaksanaan (*Construction Stage*)**

*Value engineering* dapat diaplikasikan pada tahap pelaksanaan (*Construction Stage*) dimungkinkan dalam situasi:

- a. Apabila suatu item telah diteliti oleh Studi *Value engineering* pada tahap sebelumnya, yang mana memerlukan penelitian lanjut sebelum diputuskan.
- b. Apabila pada tahap perencanaan belum diadakan *Value engineering Analyst*, maka aplikasi *value engineering* yang dilaksanakan pada tahap ini dapat memberikan potensi

penghematan biaya dan peningkatan kualitas yang sangat besar.

c. Apabila Kontraktor meneliti suatu bidang pekerjaan dimana dapat ditingkatkan kualitasnya dan atau menurunkan biayanya. Bagaimana pun oleh pengalaman dan pengetahuannya tentang harga-harga material dan alat untuk konstruksi, seringkali kontraktor dapat menghasilkan perubahan-perubahan yang unik yang dapat memberikan penampilan fungsional yang lebih baik dengan disertai penurunan biaya kontrak.

### **Model Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost Model*)**

Biaya pemilikan seluruhnya sepanjang umur dan suatu proyek termasuk biaya awal, biaya operasi, dan pemeliharaan, penggantian dan sistem/komponen yang penting, biaya penggunaan dasar faktor-faktor lain seperti pajak, asuransi dan lain-lain.

Ada dua metode yang umum dipakai yaitu :

Metode Nilai Sekarang (*Present Worth Method*)

Metode Nilai Sekarang (*Present Worth Method*) ialah metode ekonomi yang memerlukan konversi dan semua pembiayaan sekarang dan yang akan datang pada suatu dasar harga saat ini.

Metode Anuitas (*Annualized Method*).

Metode Anuitas (*Annualized Method*) ialah metode ekonomi yang memerlukan konversi dari semua biaya-biaya sekarang dan yang akan datang dalam suatu bentuk biaya tahunan yang seragam.

### **Rencana Kerja (*Job Plan*) *Value engineering***

Metodologi *value engineering (Job Plan)* yang direkomendasikan untuk digunakan oleh tim *value engineering* selama *workshop* terdiri dari lima fase yang berbeda satu sama lain. Fase tersebut antara lain:

1. Fase Informasi
2. Fase Spekulatif/Kreatif
3. Fase Evaluasi/Analisis
4. Fase Pengembangan
5. Fase Rekomendasi

Fase-fase tersebut diuraikan berikut ini:

**Fase Informasi**

Selama fase ini, tim *value engineering* menggali sebanyak mungkin informasi mengenai desain, latar belakang, kendala, dan proyeksi biaya proyek. Tim melaksanakan analisis fungsi dan menentukan peringkat biaya relatif produk sebagai sistem dan subsistem untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah biaya yang berpotensi akan tinggi.

a. Analisis fungsi

Analisis fungsi merupakan basis utama di dalam *value engineering* karena analisis inilah yang membedakan *value engineering* dari teknik-teknik penghematan biaya lainnya.

Fungsi diidentifikasi dengan menggunakan deskripsi yang terdiri dari dua kata, yaitu kata kerja dan kata benda. Kata kerja yang digunakan adalah kata kerja aktif dan kata benda yang digunakan merupakan kata benda yang terukur.

Tabel 2.1. Pengertian fungsi

Barang atau jasa	Fungsi	
	Kata kerja	Kata benda
Pulpen	Membuat tanda	Kata-kata
Kacamata	Menajamkan	Penglihatan
Jembatan	Memindahkan	Lalu lintas
Waduk	Menyimpan	Air
Gedung kantor	Menyediakan	Ruang kerja
Pondasi	Menyangga	Bangunan
Tiang	Menyangga	Atap
Pelatihan	Mentransfer	Keterampilan
Konsultasi	Memberikan	Nasehat

b. Diagram FAST

Diagram *FAST (Function Analysis System Technique)* adalah suatu metode untuk menstimulasi pemikiran dan kreativitas secara terorganisir tentang fungsi - fungsi dari suatu sistem, produk, rancangan, proses, prosedur, fasilitas, suplai, dan sebagainya dengan mengajukan pertanyaan yang sifatnya analitis seperti bagaimana (*how*), mengapa (*why*), bilamana (*when*), dan apa (*what*).

Dengan menggunakan diagram *FAST* orang dengan latar belakang teknis yang berbeda dapat berkomunikasi secara efektif untuk

menyelesaikan masalah yang memerlukan pertimbangan multidisiplin.

**Fase Spekulatif/ Kreatif**

Pada tahap spekulasi kemungkinan lain dianalisis dengan menanyakan apakah ada alternatif lain yang memiliki fungsi atau kegunaan yang sama. Disini dipraktekkan proses *brainstorming*, yaitu mengutarakan ide atau gagasan sebebas mungkin tanpa memikirkan praktis tidaknya atau sulit tidaknya untuk diimplementasikan, dengan maksud untuk mendorong penggunaan imajinasi dan pemunculan ide-ide baru.

**Fase Evaluasi/ Analisis**

Pada tahap analisis usulan yang diajukan ditahap sebelumnya dianalisis dan dilakukan penilaian atau keputusan (*judgement*) yang pada tahap sebelumnya sengaja ditiadakan supaya pemikiran yang kreatif tidak terhalang.

**Fase Pengembangan/ Rekomendasi**

Pada tahap ini alternatif-alternatif yang terpilih dari tahap sebelumnya dibuat program pengembangannya, sampai menjadi usulan yang lengkap. Alternatif yang memiliki aspek teknik paling baik yang akan dievaluasi lebih lanjut mengenai biaya. Menurut Hario Sabrang (1998), tingkat kelayakan pemanfaatan adalah menganalisa kelayakan untuk waktu yang akan datang. Teknik yang dipakai adalah *Life cycle costing*.

**Fase Pelaporan**

Tahap ini merupakan tahap akhir proses rencana kerja *value engineering*, yang terdiri dari persiapan dan penyajian kesimpulan hasil rencana kerja kepada pihak yang berkepentingan. Laporan hanya mengetengahkan fakta dan informasi untuk mendukung argumentasi.

**Life Cycle Cost**

*Life cycle cost* adalah total biaya ekonomis, biaya yang dimiliki dan biaya operasi suatu fasilitas, proses manufaktur atau produk. Analisis *life cycle cost* menggambarkan nilai biaya sekarang (*present value*) dan nilai biaya yang akan datang (*future value*) dari suatu proyek selama umur manfaat proyek itu sendiri.

Jenis biaya yang termasuk ke dalam *life cycle cost* antara lain: biaya investasi, biaya pemilikan, biaya rekayasa (desain, pelaksanaan dan pengawasan) termasuk biaya inisial atau biaya awal. Biaya perubahan desain, biaya administrasi termasuk ke dalam biaya operasi, biaya pemeliharaan, dan biaya penggantian serta biaya beban bunga yang dibebankan selama proyek.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Materi penelitian

Penelitian ini akan membahas bagaimana penerapan analisis *value engineering* untuk menentukan nilai biaya proyek yang paling ekonomis pada pelaksanaan pemancangan struktur bawah proyek *Interchange* Manado *By Pass*.

### Obyek dan Subyek Penelitian

Obyek penelitian akan dilakukan pada pembangunan *Interchange* Manado *By Pass* yang berlokasi di Kecamatan Maumbi Kabupaten Minahasa Utara. Subyek penelitian ini adalah pemilihan alat pancang untuk pelaksanaan pemancangan yang paling ekonomis dengan menggunakan metode *Value engineering*.

### Proses Penelitian

Langkah-langkah dan hal-hal yang perlu dilakukan dalam proses penelitian, diantaranya :

#### 1. Tahap persiapan

Sebelum melakukan proses penelitian peneliti harus melakukan tahap persiapan, diantaranya mengumpulkan atau mencari data-data proyek. Setelah mendapatkan data proyek kemudian peneliti melakukan survey ke lokasi proyek untuk mendapatkan gambaran umum kondisi lapangan. Selain itu peneliti juga melakukan studi pustaka baik melalui buku-buku pustaka, internet, maupun bahan-bahan lainnya yang dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan tambahan pengetahuan.

#### 2. Data penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian dikelompokkan menjadi 2, yaitu:

##### a. Data Primer

Data primer adalah sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (dari

proyek) / data pokok yang digunakan dalam melakukan analisa *Value engineering*.

##### b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisis *Value engineering*.

### 3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara:

#### a. Metode pengambilan data primer

Metode dengan cara melakukan survey langsung pada konsultan maupun pelaksana yang menangani proyek tersebut. Selain itu peneliti juga melakukan observasi langsung ke lokasi proyek tersebut.

#### b. Metode pengambilan data sekunder

Metode dengan cara melakukan survey langsung pada instansi- instansi atau perusahaan-perusahaan yang dianggap berkepentingan.

### 4. Analisa data

Dari data-data yang telah dikumpulkan dilakukan analisa *Value engineering* untuk menghasilkan adanya suatu penghematan biaya atau *saving cost*. Analisa *Value engineering* dilakukan lima tahap, yaitu :

#### a. Tahap informasi

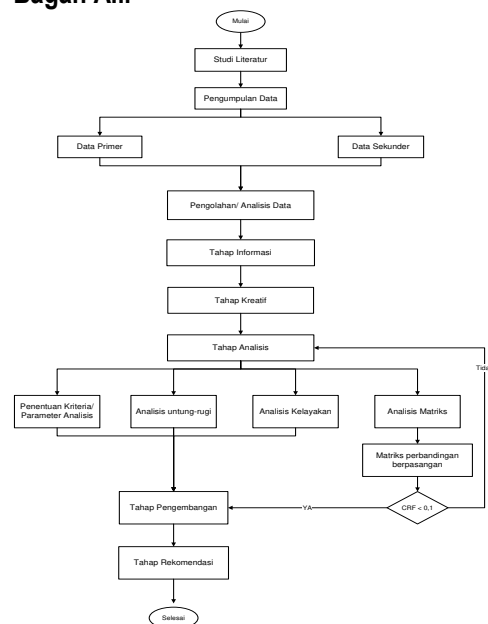
#### b. Tahap kreatif

#### c. Tahap analisis

#### d. Tahap rekomendasi

#### e. Tahap Penyajian

## Bagan Alir



## PEMBAHASAN

### Fase Informasi

Data umum proyek antara lain adalah:

Nama proyek : Pembangunan Interchange Manado By Pass.

Lokasi proyek : Kecamatan Maumbi Kabupaten Minahasa Utara.

Pemilik proyek : Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Provinsi Sulawesi Utara

Nilai proyek : Rp. 78.378.387.000,00

Langkah – langkah penunjang yang biasa diterapkan dalam tahap informasi adalah sebagai berikut:

#### Pengulangan desain informasi

Adalah pelaksanaan mengumpulkan semua informasi yang menyangkut segala aspek kepentingan obyek studi. Adapun yang termasuk didalam proyek studi, yaitu:

- Gambar – gambar perencanaan
- Spesifikasi
- Perkiraan biaya
- Pendekatan desain
- Perhitungan desain konstruksi
- Data – data kondisi lokasi
- Jadwal kegiatan

Dalam proses selanjutnya, data informasi tersebut dapat dijadikan kumpulan data yang dibutuhkan dan disusun dalam suatu deskripsi permasalahan dan tujuan penghematannya.

#### Pondasi Tiang Pancang

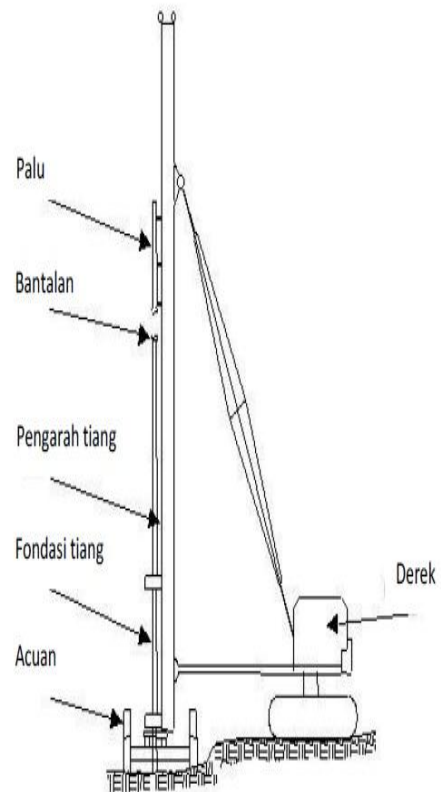
Pondasi tiang pancang merupakan kolom sederhana yang direncanakan untuk pondasi dalam dengan meneruskan beban permukaan ke tanah di bawahnya, dimana tanah di sekitar permukaan tidak sesuai untuk memikul beban yang dikenakan oleh struktur. Beban ini dikirimkan melalui friksi antara tiang dengan tanah dan/atau melalui titik dukung (*point bearing*) di seluruh ujung tiang. Jumlah aktual dari tahanan friksi maupun daya dukung bergantung pada kondisi tanah di lapangan. Pondasi tiang pancang harus memiliki kapasitas struktural yang cukup untuk memikul seluruh beban (vertikal, lateral, dan lain-lain) dan momen yang akan ditransfer ke tanah.

Terdapat beberapa jenis pondasi tiang yang lazim digunakan diantaranya:

- Tiang profil baja;
- Tiang pipa cor di tempat;
- Tiang kayu;

- Tiang beton, dengan bermacam jenis yaitu tiang beton pracetak, tiang beton prategang, tiang beton pracetak – prategang, tiang beton cor di tempat.

Untuk melakukan pemancangan Pondasi tiang di lapangan, diperlukan peralatan pemancangan tiang. Peralatan pemancang tiang tersebut umumnya terdiri dari derek, palu tiang, bantalan, dan pengarah tiang (lihat Gambar). Palu tiang merupakan bagian yang unik dari perlengkapan pemancangan Pondasi tiang. Palu tiang memiliki dua fungsi. Pertama, merupakan alat yang digunakan untuk memancang tiang. Fungsi kedua sebagai instrumen pengukuran yang digunakan untuk menentukan daya dukung yang diberikan oleh tiang.



Gambar- Peralatan pemancang Pondasi tiang

#### Tanah

Daya dukung tanah dapat diperkirakan dari hasil penyelidikan tanah di bawah permukaan, atau diukur dengan tes pembebanan pada struktur yang sesungguhnya. Penyelidikan tanah dilakukan untuk menentukan besaran-

besaran tanah dan batuan yang diperlukan untuk merencanakan dan membuat Pondasi. Identifikasi tanah dan batuan yang ditemui harus ditentukan agar dapat mengevaluasi kondisi tanah di bawah permukaan.

➤ Tanah kohesif

Tanah kohesif umumnya mengandung lempung dan secara efektif bersama-sama mengikat massa tanah. Oleh karena itu tanah kohesif memiliki kemampuan untuk dibentuk. Tanah kohesif memiliki kekuatan internal dan dapat dipadatkan. Kebanyakan tanah berbutir halus adalah tanah kohesif.

➤ Tanah non kohesif

Tanah non kohesif tidak memiliki kekuatan internal dan biasanya tidak mengandung lempung atau partikel halus yang memiliki kohesi. Pasir dan kerikil merupakan contoh dari tanah non kohesif.

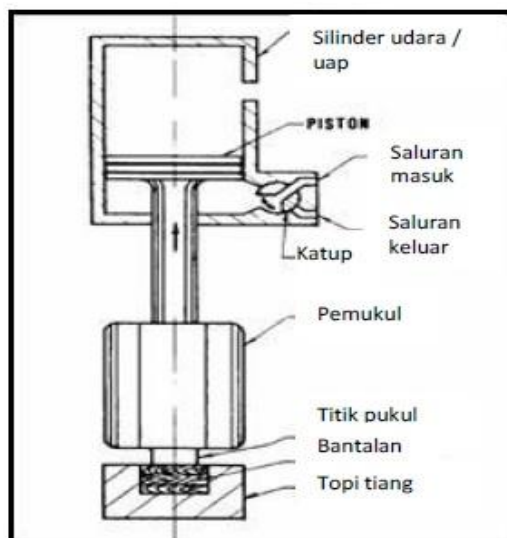
Alat pemancang tiang

Bagian – bagian alat pancang tiang, yaitu:

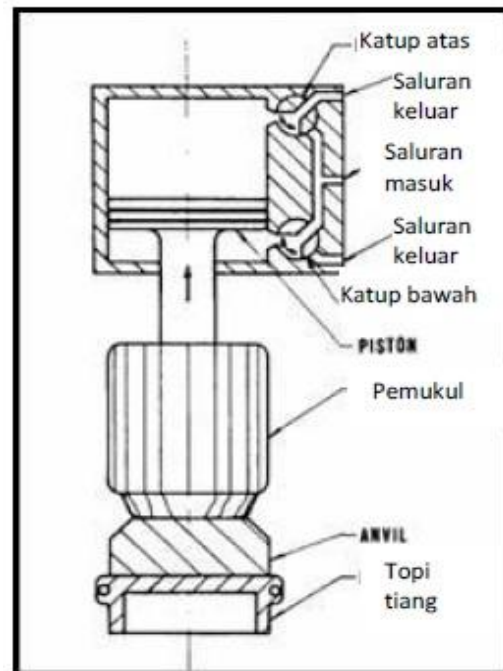
- Pengarah tiang (*pile leads*)
- Topi / helm tiang
- Palu (hammer)

Jenis – jenis alat pancang berdasarkan cara kerjanya:

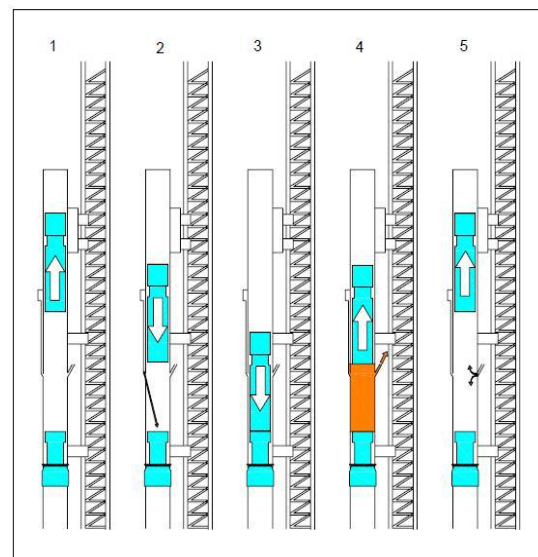
- Palu jatuh / palu gravitasi(drop hammer / gravity hammer)
- Single acting power driven hammer
- Double acting power driven hammer
- Diesel power driven hammer
- Palu hidrolik(hydraulic hammers)
- Vibratory



Gambar2- Single acting power driven hammer



Gambar 3- Double acting power driven hammer



Gambar 4.Mekanisme kerja diesel power driven hammer.

Keterangan Gambar:

1. Menaikkan piston.  
Untuk memulai palu diesel, piston (pemukul) dinaikkan dengan bantuan perangkat mekanik



penjatuh dan secara otomatis dilepaskan pada ketinggian tertentu.

2. Injeksi bahan bakar diesel dan kompresi. Ketika piston jatuh melalui silinder, akan mengaktifasi tuas pada bagian belakang pompa bahan bakar, yang menginjeksi bahan bakar diesel dengan jumlah terukur ke bagian atas blok benturan. Tak lama setelah ini, lubang pembuangan ditutup.

3. Benturan dan atomisasi. Mengkompresi seluruh udara / bahan bakar antara lubang pembuangan dan bagian atas blok benturan, piston terus jatuh hingga memukul bagian atas blok benturan. Panas yang dihasilkan oleh kompresi udara, dengan adanya bahan bakar yang diatomisasi, menyebabkan ledakan bahan bakar, melemparkan piston ke atas dan memaksa blok benturan kebawah terhadap tiang

4. Pembuangan. Ketika bergerak ke atas, piston akan melewati dan membuka lubang pembuangan. Gas buang akan keluar dan tekanan di dalam silinder akan seimbang kembali.

5. Pembilasan. Piston melanjutkan momentum ke atasnya, yang mana menarik udara segar ke dalam untuk siklus berikutnya, mendinginkan silinder, dan melepas tuas pompa. Tuas pompa kembali ke posisi semula sehingga pompa akan diisi dengan bahan bakar kembali. Gravitasi menghentikan gerakan piston ke atas dan piston mulai jatuh sekali lagi melalui silinder.



Gambar 5- Palu hidrolik

Bagian-bagian palu hidrolik dapat dilihat pada Gambar 5.

#### Mekanika pemancangan tiang

Panjang langkah dari pemukul palu merupakan faktor yang mempengaruhi energi yang dikirimkan oleh palu. Seperti disebutkan diatas, untuk palu single-acting,

Energi = (berat pemukul) x (ketinggian jatuh)

Perlu diperiksa apakah palu yang dipilih akan memberikan cukup energi untuk memancang tiang hingga daya dukungnya. Untuk tiang baja dapat mencapai daya dukung, asumsikan tahanan yang diperlukan dicapai pada penetrasi 1 cm hingga 3 cm per 10 pukulan. Untuk tiang beton, diasumsikan tahanan yang diperlukan dicapai pada penetrasi 3 cm hingga 5 cm per 10 pukulan. Gunakan angka ini saat memeriksa kecukupan palu.

#### Faktor-faktor yang mempengaruhi anggaran biaya pemancangan:

1. Jenis tanah; memancang tiang pada lumpur, tanah liat lebih mudah daripada memancang pada tanah pasir, kerikil atau tanah cadas lunak.
2. Tiang, apakah dibuat ditempat atau diangkut.
3. Ukuran dan beratnya tiang.
4. Dalamnya pemancangan.
5. Jarak dari tiang pancang ke tiang pancang lainnya.
6. Cara pemancangan.
7. Alat pancang yang dipergunakan.
8. Keterampilan pekerja dan besarnya upah.
9. Pekerjaan-pekerjaan tambahan lain, seperti, memotong kepala tiang, menyambung tiang pancang meluruskan tiang, mencabut kembali tiang.

#### Biaya-biaya yang harus diperhitungkan ialah:

- Biaya tiang pancang dan biaya-biaya tambahannya seperti: mengangkut dan lain-lain
- Biaya kelompok buruh yang bekerja
- Biaya sewa alat
- Berapa buah tiang yang harus dipancang
- Jumlah biaya buruh dan alat
- Overhead atau biaya tidak terduga
- Keuntungan atau profit

- Jumlah keseluruhan biaya

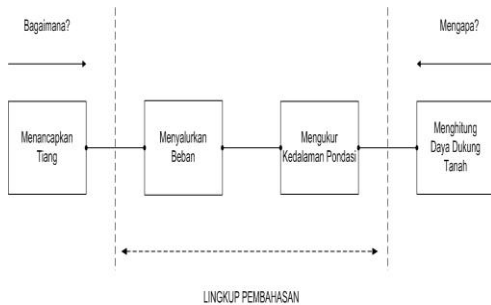
Diagram FAST

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan tahap pelaksanaan dari pekerjaan pemancangan, kemudian dari tiap tahap pelaksanaan tersebut ditetapkan fungsinya. Metode yang digunakan untuk menganalisis fungsi adalah diagram FAST.

Tahapan ini akan menghasilkan mana fungsi yang primer, sekunder, dan tersier serta indeks nilai yang akan menunjukkan layak tidaknya dilakukan *value engineering*.

Table. Identifikasi fungsi dengan menggunakan kata kerja dan kata benda pekerjaan pemancangan tiang pancang

No	Item Pekerjaan	Fungsi		
		Kata Kerja	Kata Benda	Jenis
1	Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang	Menancapkan Menyalurkan Mengukur  Menghitung	Tiang Beban Kedalaman Pondasi Daya Dukung Tanah	Primer Sekunder Sekunder



Gambar. Diagram FAST Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang

**Fase Kreatif**

Fase ini melakukan pendekatan secara kreatif dengan mengemukakan ide –ide sebanyak mungkin. Ide – ide atau kreatif dengan mengemukakan ide – ide atau alternatif muncul berdasarkan analisis pembandingan terhadap kriteria yang relevan dan melekat pada proyek penelitian, yang dapat memenuhi fungsi utama.

Alat pancang ini dibedakan dari jenis dan ukurannya yaitu:

Drop hammer

Yang dimaksud dengan Drop hammer adalah alat pancang yang terdiri dari dari palu baja yang berat dan digerakkan oleh kabel baja.

Hammer diangkat dengan kabel dan dilepaskan dari dan keatas kepala pondasi.

Single acting steam hammer

Single acting adalah sebuah palu atau disebut juga Ram yang dijatuhkan secara bebas. Ram diangkat dengan uap atau kompresor udara. Gerakan Ram diatur oleh piston yang bergerak turun naik dengan tekanan uap atau udara yang diatur melalui katup. Piston dihubungkan dengan sebatang pipa yang digunakan sebagai tempat bergantung Ram. Jika uap dimasukkan kedalam tabung tempat piston berada, maka piston akan bergerak keatas. Sesudah piston berada pada puncak tabung, maka katup akan jatuh bebas kebawah dan memukul kepala pondasi.

Double acting steam hammer

Jatuhnya ram pada double acting steam hammer sama dengan cara jatuhnya ram pada single acting stream hammer. Ram pada single acting steam hammer dijatuhkan oleh piston dengan tabung uap. Sedangkan Ram pada Double acting steam hammer dijatuhkan oleh tekanan uap dan udara. Dengan kata lain bahwa uap memberi tekanan dua kali lebih besar kepada piston, baik saat mengangkat maupun saat jatuh. Jika gerakan piston lebih cepat maka gerakan turun naik Ram akan lebih sering, disamping energi pukulan semakin besar. Untuk besaran energi yang sama yang dihasilkan oleh Ram jumlah pukulan per menit, kira-kira dua kali jumlah pukulan pada Single acting steam hammer.

Single Acting Diesel Hammer

Pemancangan pondasi dengan Diesel hammer adalah pemancangan dengan Ram yang bergerak sendiri dengan mesin diesel tanpa diperlukan sumber daya dari luar seperti kompresor dan boiler. Hammer ini sederhana dan mudah bergerak dari satu lokasi kelokasi lain. Sebuah unit Diesel hammer terdiri atas vertical silinder, sebuah Piston atau Ram, sebuah anvil, tangki minyak, dan pelumas. Pompa solar, Injector, dan Pelumas mekanik. Untuk Single Acting Diesel Hammer cara kerjanya adalah dengan menggunakan pembakaran bahan bakar untuk memberi energi tambahan selama bergerak ke bawah untuk bergerak ke atas dalam memancang tiang.

### Double Acting Diesel Hammer

Cara kerjanya sama dengan single acting diesel hammer, kecuali udara yang terperangkap menyimpan dan melepaskan energi selama operasi.

### Vibratory

Pemancangan dengan alat Vibratory sangat efektif karena berkecepatan tinggi dan ekonomis, efektif khusus pada pemancangan tanah non kohesif jenuh air, daripada pemancangan dipasir yang kering . tanah yang sejenis , tanah keras yang sangat kohesif. Pemancangan dengan vibratory dilengkapi dengan poros horizontal untuk memberikan beban eksentris. Poros berputar sepasang dengan dorongan langsung pada kecepatan yang bervariasi sampai mencapai 1000 rpm (rotasi permenit). Tenaga yang dihasilkan dengan berat rotasi membuat getaran yang digunakan untuk memancang tiang masuk kedalam tanah. Pengaruh tanah, khususnya tanah jenuh air, mengurangi gesekan pada kulit antara tanah dan pondasi. Kombinasi berat dari pondasi dan perlengkapan pemancangan yang ditempatkan diatas pondasi akan mempercepat pemancangan pondasi.

### Hydraulic pile driving

Hydraulic pile driving adalah alat yang menggunakan tekanan statik yang tinggi untuk memancang tiang dalam dengan perlahan dan tanpa mengeluarkan suara. Mekanisme kerja alat ini adalah dengan memindahkan atau menarik tiang pancang, menjepitnya agar tegak, dan memberikan tekanan pada tiang tersebut sampai mencapai tanah keras. Hydraulic pile driving juga dapat memancang tiang lingkaran dan tiang baja H hanya dengan mengganti sistem penjepitan sesuai jenis tiang.

Menurut Justason, untuk memilih jenis alat pancang ada enam kriteria yang harus diperhatikan:

- 1.Pengoperasian alat (Operational Criteria)
- 2.Kemudahan dalam mengontrol alat (Controllability)
- 3.Kemampuan alat untuk diperiksa proses penggunaannya (Verifiability)
- 4.Biaya Pemancangan (Cost)
5. Dampak alat terhadap lingkungan (Environmental concerns).

6. Kemampuan optimum alat terhadap jumlah yang dipancang (Optimization)  
Sedangkan menurut Barber (1978) bahwa kriteria dalam menentukan jenis alat pancang adalah sebagai berikut:

- 1.Tipe tiang pancang
- 2.Jenis Tanah
- 3.Dampak alat pancang terhadap lingkungan
- 4.Kecepatan pemancangan
- 5.Kondisi site pemancangan
- 6.Ketersediaan alat pancang
- 7.Biaya Sewa alat pancang

### **Fase analisis**

Pada fase kreatif dengan konsep divergensi akan menghasilkan berbagai alternative, pada fase analisis ini dilakukan analisis dengan konsep konvergensi untuk mendapatkan alternative terbaik.

Menurut Mitchell dan Chandra (1988) ada 4 (empat) tahap analisis yaitu: tahap penentuan kriteria penilaian, analisis kelebihan dan kekurangan, analisis kelayakan dan analisis matriks.

Penentuan Kriteria Penilaian

Seperti yang telah dijelaskan pada tahap sebelumnya, kriteria penilaian yang dianggap relevan untuk pelaksanaan pekerjaan pemancangan antara lain:

- a. Biaya Operasional
- b. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi
- c. Produktivitas Alat
- d. Ketersediaan Alat
- e. Tingkat Kesulitan Pelaksanaan
- f. Kecocokan Dengan Lokasi/Site Proyek
- g. Teknologi
- h. Keterampilan Tenaga Kerja
- i. Pengalaman Tenaga Kerja
- j. Dampak terhadap Lingkungan
- k. Kecocokan Dengan Tiang Pancang

### **Analisis Untung Rugi**

Setelah dievaluasi ide – ide yang mempunyai alternatif yang keuntungannya paling banyak yaitu alternative yang jumlahnya paling besar. Dengan memilih alternative yang menguntungkan dapat memudahkan untuk mengadakan pemilihan alternative yang dapat diajukan pada fase atau tahapan selanjutnya. Pada fase ini yang terpilih sebagai alternative alat pancang adalah alat pancang diesel hammer sebagai alternative yang memiliki bobot paling menguntungkan .

### Analisis Tingkat Kelayakan

Pada analisis kelayakan perlu ditetapkan kriteria yang berkaitan dengan tingkat kelayakan dari pelaksanaan pekerjaan pemancangan dengan alat pancang yang sesuai.

### Analisis Matriks

Analisis matriks akan membahas pemilihan alat pancang dengan metode matriks berpasangan antara kriteria – kriteria untuk memperoleh tinggi potensi penghematan yang paling baik dengan intensitas ukuran dari masing – masing kriteria. Kriteria – kriteria tersebut akan menjadi parameter untuk menetapkan alternative pemilihan alat pancang dengan metode matriks berpasangan antara alternative – alternative untuk memperoleh tinggi nilai potensial penghematan yang paling baik.

Untuk menentukan alternative mana yang sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka diperlukan pendapat dari para ahli pondasi tiang pancang mengenai kriteria penilaian yang akan digunakan dengan cara menyebarkan kuisioner. Kriteria penilaian yang akan diajukan sebagai bahan pertimbangan para ahli sebagaimana ditunjukkan dalam table penentuan kriteria.

### Pengambilan Keputusan

Pengambilan Keputusan yang dimaksud adalah suatu proses pemilihan Alternatif terbaik dari beberapa Alternatif secara sistematis untuk digunakan sebagai suatu cara pemecahan masalah. Pengambilan keputusan merupakan istilah yang umum dihubungkan dengan langkah- langkah pemecahan masalah, yaitu:

1. Mengidentifikasi dan mendefinisikan masalah.
2. Menentukan Alternatif penyelesaian masalah
3. Menentukan Kriteria yang akan digunakan
4. Mengevaluasi berbagai Alternatif
5. Memilih Alternatif

Model Pengambilan Keputusan Permasalahan pengambilan keputusan umumnya terkait dengan sistem yang luas dan kompleks. Pembuatan model pengambilan keputusan merupakan suatu proses untuk menggambarkan persoalan yang sedang dihadapi dalam bentuk formal maupun matematis.

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Membatasi permasalahan
2. Mengidentifikasi alternatif (merupakan tahapan yang paling kreatif dari analisis keputusan)
3. Menetapkan hasil dari alternatif yang didapat
4. Menentukan variabel-variabel sistem, variabel ini terdiri dari variabel keputusan dan variabel status.
5. Membuat model struktural berupa penentuan hubungan antar variabel
6. Menentukan nilai Keuntungan yang diperoleh dari penyusunan model

### Proses Analisa Hierarki

Analytical Hierarchy Process (AHP) sebagai pengambil keputusan merupakan suatu pendekatan praktis untuk memecahkan masalah keputusan kompleks yang meliputi perbandingan alternatif. AHP juga memungkinkan pengambil keputusan menyajikan hubungan hierarki antar aktor, atribut, karakteristik atau alternatif dalam lingkungan pengambilan keputusan.

Prinsip dasar dalam proses penyusunan model hierarki analitik dalam AHP, meliputi:

1. Problem Decomposition (Penyusunan Hierarki Masalah)

Dalam penyusunan hierarki ini perlu dilakukan perincian atau pemecahan dari persoalan yang utuh menjadi beberapa unsur komponen yang kemudian dari komponen tersebut dibentuk suatu hierarki. Pemecahan unsur ini dilakukan sampai unsur tersebut sudah tidak dapat dipecah lagi sehingga didapat beberapa tingkat suatu persoalan.

Adapun langkah-langkah penyusunan hierarki adalah sebagai berikut ini:

- a. Identifikasi tujuan keseluruhan dan subtujuan
  - b. Mencari kriteria untuk memperoleh subtujuan dari tujuan keseluruhan
  - c. Menyusun subkriteria dari masing masing kriteria, dimana setiap kriteria dan subkriteria harus spesifik dan menunjukkan tingkat nilai dari parameter atau intensitas verbal.
  - d. Menentukan pelaku yang terlibat
  - e. Kebijakan dari pelaku
  - f. Penentuan alternatif sebagai output tujuan yang akan ditentukan prioritasnya
- Comparative judgement (Penilaian Perbandingan Berpasangan)

Prinsip ini dilakukan dengan membuat penilaian perbandingan berpasangan tentang kepentingan relatif dari dua elemen pada suatu tingkat hierarki tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya dan memberikan bobot numerik berdasarkan perbandingan tersebut. Hasil penelitian ini disajikan dalam matriks yang disebut pairwise comparison.

2. Synthesis of Priority ( Penentuan Prioritas) Sintesa adalah tahap untuk mendapatkan bobot bagi setiap elemen hierarki dan elemen alternatif. Karena matriks pairwise comparison terdapat pada setiap tingkat untuk mendapatkan global priority, maka sintesis harus dilakukan pada setiap local priority. Prosedur pelaksanaan sintesis berbeda dengan bentuk hierarki. Sedangkan pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesis dinamakan priority setting.

4. Logical Consistency (konsistensi Logis) Konsistensi berarti dua makna atau obyek yang serupa. Konsistensi data didapat dari rasio konsistensi (CR) yang merupakan hasil bagi antara indeks konsistensi (CI) dan indeks random (RI).

Langkah-Langkah Metode AHP

1. Mengidentifikasi Masalah
2. Menyusun Struktur Hierarki
3. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan
4. Melakukan Perbandingan Berpasangan
5. Menghitung Nilai Vektor Eigen Untuk Setiap Matriks
6. Menghitung Consistency Ratio.

### Fase Pengembangan

Pada tahap ini merupakan tahap pengembangan dari hasil analisis, dimana setelah dilakukan analisis kelayakan, analisis untung- rugi, dan analisis matriks selanjutnya alternative terpilih dianalisis lagi secara detail dengan analisis teknis dan perhitungan biaya siklus hidup untuk mendapatkan pilihan yang benar – benar terseleksi.

Langkah – langkah tahapan pengembangan adalah sebagai berikut:

- mempersiapkan konsep untuk dibandingkan satu dengan yang lain.
- membandingkan rancangan semula dengan rancangan alternative terpilih

-membandingkan biaya pelaksanaan proyek yang dianalisa dengan menggunakan metode value engineering dengan biaya pelaksanaan proyek yang sebenarnya.

Perhitungan biaya siklus hidup

1. Biaya Awal
2. Biaya Pemeliharaan
3. Umur Konstruksi

Pada proyek ini diasumsikan akan dapat digunakan selama 50 tahun.

4. Tingkat Bunga

Tingkat bunga pinjaman yang diasumsikan adalah 15%/tahun dengan jangka waktu pengembalian selama 50 tahun.

5. Nilai Sisa

Nilai sisa dari proyek ini adalah 0% dari nilai asal karena secara kenyataan pondasi tiang pancang tidak mungkin untuk dijual kembali sehingga tidak ada nilai sisa lagi.

Dalam perhitungan biaya siklus hidup ini didapat perbandingan biaya antara biaya asal dengan biaya alternative (usulan) sedang faktor inflasi tidak diperhitungkan dalam analisis ini.

Tahapan perhitungan tersebut dapat dibagi dalam langkah – langkah seperti dibawah ini, yaitu:

1. Biaya tahunan (annual cost) = biaya awal x cost recovery factor(CRF)
2. Nilai sisa = nilai akhir dari suatu proyek
3. Biaya annual netto kepemilikan dan operasi (Owning and Operating cost) yang biasa disebut dengan Life Cycle Cost (LCC).
  - Perhitungan penghematan dari Life Cycle Cost

Biaya siklus hidup adalah biaya selama umur rencana konstruksi. Asumsi untuk umur konstruksi 50 tahun dan diasumsikan tingkat bunga per tahunnya adalah 15%. Dari data tersebut dihitung Present Worth Factor (PWF) yaitu menghendaki pengeluaran – pengeluaran yang terjadi pada saat yang akan datang dapat dilihat pada pengeluaran pada saat ini.

Diasumsikan, bunga pinjaman sebesar 15% dan umur manfaat pekerjaan pemancangan selama 50 tahun. Dari asumsi tersebut dapat dihitung capital recovery factor (CRF) yaitu faktor bagi cicilan secara periodic suatu hutang, sebesar:

$$\begin{aligned}
 CRF &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\
 &= \frac{15\%(1+15\%)^{50}}{(1+15\%)^{50} - 1} \\
 &= 0,1501
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Life Cycle Cost**

	AWAL	USULAN
Biaya Tahunan (CRF x Initial Cost)	Rp.70.834.610,34	Rp.50.026.779,60
Biaya Pemeliharaan	Rp. 0	Rp. 0
Total Annual Cost	Rp.70.834.610,34	Rp.50.026.779,60
Nilai Sisa (Salvage Value)	Rp. 0	Rp. 0
Biaya Kepemilikan dan Operasi (Netto Nilai Annual)	Rp.70.834.610,34	Rp.50.026.779,60

**Fase Rekomendasi**

Fase yang bertujuan untuk melaporkan hasil value engineering dengan merekomendasikan alternative terpilih berdasarkan hasil dari fase – fase sebelumnya. Pada studi analisis dengan metode value engineering ini dibahas pekerjaan pemancangan dengan elemen alat pancang yang memenuhi fungsi utamanya. Pemilihan alternative alat pancang dilakukan dengan rencana kerja value engineering berdasarkan informasi dari berbagai sumber referensi.

1. Model desain awal
2. Alat – alat analisis
3. Pilihan Alternatif
4. Biaya siklus hidup
5. Konsep alternative terpilih

Berdasarkan tahap penilaian bahwa alternative terpilih mempunyai nilai yang tinggi dari parameter kriteria yang ada. Berdasarkan tahap pengembangan bahwa alternative terpilih mempunyai nilai ekonomis yang cukup hemat.

Evaluasi dapat dilakukan beberapa kali secara berjenjang, seperti layaknya saringan yang kasar pada awalnya sampai yang halus diakhir. Data – data yang ada harus divalidasi dulu kekonsistensennya dengan analisis matriks. Pada fase analisa keuntungan dan kerugian dianalisis nilai keuntungan dan kerugian dari desain awal yang ditinjau secara kasar dengan meminta pendapat responden yang berpengalaman pada pekerjaan pemancangan. Berdasarkan analisis

keuntungan dan kerugian, nilai tertinggi didapat alternative alat pancang single acting diesel hammer. Setelah fase analisis keuntungan dan kerugian kemudian alternative – alternative tersebut dianalisis lagi kelayakannya pada fase analisis kelayakan. Berdasarkan analisis tingkat kelayakan ditetapkan alternative yang menjadi pilihan yaitu alat pancang single acting diesel hammer, kemudian pada fase analisis dimana masing – masing alternative dihitung biaya siklus hidupnya. Dari biaya life cycle cost terpilih alat pancang single acting diesel hammer sebagai alat yang ekonomis dan efisien. Dengan demikian terjadi penghematan biaya siklus hidup pada pekerjaan pemancangan setelah dilakukan studi analisis value engineering

**KESIMPULAN**

**Kesimpulan**

Dari uraian bab – bab sebelumnya pembahasan dengan metode value engineering pada pelaksanaan pekerjaan pemancangan tiang pipa baja pada proyek interchange Manado By Pass diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan analisis keuntungan dan kerugian dengan biaya siklus hidup serta analisis kelayakan terpilih Single Acting Diesel Hammer sebagai alat pancang yang sesuai dengan tiang pancang pipa baja dan jenis tanah density silt.
2. Berdasarkan hasil analisa, faktor – faktor yang mempengaruhi proses pelaksanaan pekerjaan pemancangan sekaligus prioritas kriteria pemilihan alternatif alat pancang adalah sebagai berikut: biaya operasional, kecocokan dengan tiang pancang, keterampilan tenaga kerja, kecocokan dengan lokasi/site proyek, produktivitas alat, ketersediaan alat, biaya mobilisasi dan demobilisasi, tingkat kesulitan pelaksanaan, pengalaman tenaga kerja, dan teknologi.

**Saran**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat diberikan saran yang diharapkan berguna untuk diterapkan, yaitu:

1. Penerapan metode Value Engineering pada pelaksanaan pemancangan struktur bawah Interchange Manado By Pass sebaiknya dilaksanakan pada awal perencanaan proyek atau tahap desain untuk memperoleh penghematan yang maksimal.
2. Perlu adanya kerja sama tim Value Engineering dari berbagai disiplin ilmu sehingga dapat saling bekerja sama untuk mencapai hasil cost saving yang lebih optimal.
3. Sebaiknya penerapan metode Value Engineering dilakukan pada setiap item pekerjaan dan dianalisa berulang untuk mendapat alternative pilihan yang lebih banyak dan mengetahui proses efisiensi untuk setiap item yang dianalisa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmita, Sakti Adji, 2011. Perencanaan Pembangunan Transportasi. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ariyanto, 2008. Manajemen Alat Berat Untuk Konstruksi. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Berawi, Mohammed Ali, 2014. Aplikasi Value Engineering pada Industri Konstruksi Bangunan Gedung. Universitas Indonesia, Jakarta
- Chandra, Suriana, 2014. *Maximizing Construction Project and Investment Budget Efficiency With Value Engineering*. Kompas Gramedia, Jakarta.
- Hardiyatmo, HC, 2006. Teknik Fondasi II. Beta Offset.
- Kindangen, Defris, 1998. Aplikasi Rekayasa Nilai Pada Proyek Peningkatan Jalan Wori-Likupang di Kabupaten Minahasa. Skripsi, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sardjono, HS, 1991. Pondasi Tiang Pancang. CV. Sinar Wijaya, Surabaya.
- Sastraatmadja, Soedrajat. Analisa Anggaran Biaya Pelaksanaan. Nova, Bandung.
- Sosrodarsono, Suyono, 2000. Mekanika Tanah & Teknik Pondasi. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tarore, Huibert, 2001. Analisis Sistem Rekayasa Konstruksi (ASREKO). Edisi I, Universitas Sam . Manado