

TUGAS MATA KULIAH
REKAYASA NILAI

**PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN JEMBATAN SEI BETUNG I**

Dosen :

Ir. Syaiful Bachri, MT / Ir. Iskandar, MT

Oleh :

Rustam Effendi (H2A105011)

Hanifah Dwi Nirwana (H2A105012)

Mukhlis (H2A105013)

Rosmilawati Purnamasari (H2A105014)



UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM PASCA SARJANA
BIDANG MANAJEMEN REKAYASA KONSTRUKSI
BANJARMASIN
2006

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan karuniaNya kami dapat menyelesaikan tugas Mata Kuliah Rekayasa Nilai dengan materi studi Rekayasa Nilai pada Proyek Jembatan Sei Betung I, STA.2266+340 Sebampan-Pagatan, Kabupaten Tanah Laut.

Atas kerja sama tim mulai dari tahap informasi, kreatif, analisis, pengembangan, hingga tahap rekomendasi, kami berhasil menyelesaikan tugas ini.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan dan bimbingan. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada:

1. Bapak Ir. Syaiful Bahri, MT, yang telah memberikan bimbingan melalui penyampaian materi kuliah Rekayasa Ekonomi Proyek yang memperkaya keilmuan kami;
2. Bapak Ir. Iskandar, MT yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan koreksi sehingga tugas ini dapat terselesaikan;
3. Rekan-rekan yang telah bersama-sama menjalin kekompakan, persahabatan yang memberi motivasi kami untuk menyelesaikan tugas ini;
4. Semua pihak yang telah membantu kami selama melakukan penulisan tugas ini.

Kami menyadari bahwa penulisan tugas ini masih jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran membangun guna penyempurnaan sangat dihargai. Akhirnya semoga karya tulis ini bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Tim Penyusun,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	1
1.3. Tujuan Penulisan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan Laporan	2
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
3	
2.1. Pengertian Rekayasa Nilai	
3	
2.2. Alasan Diperlukannya Rekayasa Nilai	
5	
2.3. Saat Penerapan Rekayasa Nilai	
6	
2.3.1 Tahap Konsep Perencanaan	
7	
2.3.2 Tahap Akhir Perencanaan	
8	
2.3.3 Tahap Pelelangan dan Pelaksanaan	
9	
2.4. Prosedur Pelaksanaan Rekayasa Nilai	

	2.4.1 Tahap Informasi	13
	2.4.2 Tahap Kreatif	16
	2.4.3 Tahap Analisa	16
	2.4.4 Tahap Usulan	20
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
		21
	3.1. Desain Penelitian	21
	3.2. Data	21
	3.2.1 Jenis dan Sumber Daya	21
	3.2.2 Teknik Memperoleh Data	22
	3.2.3 Verifikasi dan Analisa Data	22
	3.3 Rencana Kerja Rekayasa Nilai	23
	3.3.1 Tahap Informasi	23
	3.3.2 Tahap Kreatif	29
	3.3.3 Tahap Analisa	31
	3.3.4 Tahap Rekomendasi	38

3.4 Sistem Penilaian

39

BAB IV PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SEL. BETUNG I PROPINSI KALIMANTAN SELATAN

43

4.1 Fase/Tahap Informasi

43

4.1.1 Data Umum

44

4.1.2 Data Teknis

44

4.1.3 Fungsi Bangunan

44

4.1.4 Peraturan-Peraturan Struktur

44

4.1.5 Gambaran Umum

45

4.1.6 Elemen-Elemen Desain

45

4.1.7 Kendala-Kendala Konstruksi

46

4.1.8 Bagian Konstruksi yg Dilakukan Value Engineering

46

4.1.9 Model Biaya Rancangan Awal

52

4.1.10 Lembar Kerja Tahap Informasi

55

4.2 Fase/Tahap Kreatif/Spekulasi

59

	4.2.1	Ide-Ide Kreatif	59
	4.3	Fase/Tahap Analisis	60
	4.3.1	Lembar Kerja Analisis Keuntungan & Kerugian	60
	4.3.2	Lembar Kerja Analisis Tingkat Kelayakan	62
	4.3.3	Lembar Kerja Analisis Matrik	63
	4.4	Fase/Tahap Pengembangan	72
	4.4.1	Pengembangan Rancangan Usulan	72
	4.4.2	Model Biaya Rancangan Usulan	78
	4.4.3	Biaya Rancangan Awal Dengan Rancangan Usulan	79
	4.4.4	Analisis Biaya Siklus Hidup Proyek	79

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

	5.1	Kesimpulan	85
	5.2	Saran	86

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Breakdown Cost Model
26	
Tabel 3.2	Perhitungan Hukum Distribusi Pareto
27	
Tabel 3.3	Analisa Fungsi
29	
Tabel 3.4	Pengumpulan dan Penilaian Alternatif
31	

Tabel 3.5	Pengumpulan dan Penilaian Alternatif	34
Tabel 3.6	Analisa Biaya dan Daur Hidup	35
Tabel 3.7	Analisa Pembobotan Kriteria dengan Zero One	36
Tabel 3.8	Analisa Pemilihan Alternatif	38
Tabel 3.9	Rekomendasi	39
Tabel 4.1	Urutan Pekerjaan dari Biaya Paling Besar Sampai Yang terkecil	46
Tabel 4.2	Item-Item yang Terpilih	47
Tabel 4.3	Sondir I	49
Tabel 4.4	Sondir II	49
Tabel 4.5	Hasil Pengeboran/Deskripsi Tanah	49
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Laboratorium, Klasifikasi Tanah	50
Tabel 4.7	Hasil Uji Kuat Tekan Bebas, Klasifikasi Tanah	50
Tabel 4.8	Sensitifitas Tanah, Klasifikasi Tanah	50
Tabel 4.9	Nilai Kuat Geser dan Sudut Geser Dalam	50
Tabel 4.10	Konsolidasi Tanah, Hasil Percobaan Laboratorium Tanah	51

Tabel 4.11	Item Pondasi	57
Tabel 4.12	Item Bangunan Atas (Girder Komposit)	57
Tabel 4.13	Item Pondasi dan Bangunan Atas	58
Tabel 4.14	Tipe-Tipe Pondasi	59
Tabel 4.15	Tipe-Tipe Bangunan Atas	60
Tabel 4.16	Tipe-Tipe Bangunan Atas	61
Tabel 4.17	Skala Penilaian Pemberian Bobot untuk Item Bangunan Atas	61
Tabel 4.18	Tipe-Tipe Analisis Keuntungan dan Kerugian dari Tipe-Tipe Pondasi	64
Tabel 4.19	Analisis Keuntungan dan Kerugian Tipe-Tipe Bangunan Atas	67
Tabel 4.20	Tipe-Tipe Analisis Tingkat Kelayakan	69
Tabel 4.21	Tipe-Tipe Analisis Tingkat Kelayakan	70
Tabel 4.22	Analisis Matrik Evaluasi	71
Tabel 4.23	Section Properties (PC Piles)/Tiang WIKA	73

Tabel 4.24	Model Biaya Rancangan Usulan	78
Tabel 4.25	Biaya Rancangan Awal dengan Rancangan Usulan Item Pondasi dan Bangunan Atas	79
Tabel 4.26	Biaya Siklus Hidup Pondasi	81
Tabel 4.27	Biaya Siklus Hidup Bangunan Atas	82
Tabel 4.28	Biaya Penghematan Proyek (Value Engineering)	82
Tabel 4.29	Biaya Penghematan Siklus Hidup Proyek	83
Tabel 4.30	Tahap Rekomendasi Pekerjaan Pondasi	83
Tabel 4.31	Rekomendasi Pekerjaan Bangunan Atas	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perbandingan Metode Ilmiah Klasik dengan Metode Rekayasa Nilai	12
Gambar 3.1	Hukum Distribusi Pareto	27
Gambar 3.2	Flowchart Sistematis Penelitian	42
Gambar 4.1	Rancangan Usulan Prestressed Spun Concrete Pile (PC Piles) dari WKA beton	76
Gambar 4.2	Rancangan usulan Bangunan Atas Konstruksi Beton Konvensional Balok T	78
Gambar 4.3	Sketsa Tiang Pancang Rancangan Awal dan Rancangan Pengganti	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam melakukan investasi hampir semua orang selalu berpedoman pada konsep penghematan biaya dan sekaligus meningkatkan mutu. Perluasan investasi dengan biaya yang lebih sedikit, peningkatan efisiensi dan pengurangan ketergantungan terhadap bangunan berenergi intensif (biaya ekonomi tinggi) perlu disadari saat ini. Hal ini dapat dicapai melalui penerapan konsep Value Engineering

Pada hampir semua desain proyek mengandung biaya-biaya yang tidak perlu dalam desainnya. Hal ini karena akan sangat mustahil untuk menyatukan semua detail proyek konstruksi yang mampu membuat suatu keseimbangan value fungsional antara biaya, kinerja dan keandalan tanpa adanya review Value Engineering.

Pembangunan Jembatan Sei Betung I yang berlokasi di STA.226+340 Sei Bamban-Pagatan yang dibiayai oleh APBN melalui Dinas Kimpraswil Propinsi Kalimantan Selatan dirancang oleh PT. Herda Carter Indonesia diduga mengandung biaya-biaya yang tidak perlu. Berpijak dari hal tersebut maka desain Jembatan Sei Betung I tersebut perlu dilakukan Value Engineering.

1.2. Permasalahan

Permasalahan yang akan dikaji adalah:

- Bagaimana melakukan penerapan Value Engineering pada Proyek Pembangunan Sei Betung I yang berlokasi di STA.226+340 Sei Bamban-Pagatan
- Berapa penghematan biaya yang diperoleh dari penerapan Value Engineering pada Proyek Sei Betung I yang berlokasi di STA.226+340 Sei Bamban-Pagatan

1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penyusunan tugas ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penerapan Rekayasa Nilai pada Proyek Pembangunan Sei Betung I yang berlokasi di STA.226+340 Sei Bamban-Pagatan
2. Mengetahui penghematan biaya yang diperoleh dari penerapan Rekayasa Nilai pada Proyek Sei Betung I yang berlokasi di STA.226+340 Sei Bamban-Pagatan

1.4. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas ini ruang lingkup dan batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Penerapan Rekayasa Nilai dilakukan melalui lima fase job plan standar
2. Penerapan Rekayasa Nilai berdasarkan analisa biaya dan fungsi

1.5. Sistematika Penulisan Laporan

Penulisan Laporan Tugas ini disajikan dalam 6 (enam) bab, dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB I merupakan pendahuluan yang memuat tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penulisan batasan masalah serta sistematika penulisan.
2. BAB II merupakan kajian pustaka yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang memuat pengertian rekayasa nilai, alasan diperlukannya rekayasa nilai dan prosedur pelaksanaan rekayasa nilai.
3. BAB III merupakan metodologi penulisan yang berisi desain penelitian, data-data, rencana kerja rekayasa nilai.
4. BAB IV merupakan penerapan rekayasa nilai pada proyek Pembangunan Sei Betung I yang berlokasi di STA.226+340 Sei Bamban-Pagatan
5. BAB V merupakan kesimpulan yang didapat dari studi dan saran-saran yang diberikan berdasarkan hasil studi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Rekayasa Nilai

Sering kali suatu istilah, baik istilah teknik maupun non teknik dikenal dan berkembang secara luas dalam masyarakat tanpa diketahui secara jelas arti dan maksudnya. Hal ini menyebabkan timbulnya berbagai penafsiran yang beragam mengenai istilah itu sesuai dengan persepsi dan kemampuan intelektual dari masing-masing pihak dalam masyarakat. Kondisi yang demikian ini akan menimbulkan konflik yang cukup serius jika pihak-pihak tersebut saling berhubungan dalam suatu ikatan kerja karena tidak adanya kesamaan pandangan dan bahasa mengenai berbagai masalah yang timbul di dalamnya.

O'Brien di dalam Manajemen Konstruksi Profesional karya Barrie dan Paulson (1984) menyatakan bahwa hanya ada sekitar separuh dari perancang dan kontraktor dalam bidang industri konstruksi yang telah memahami pengertian rekayasa nilai dan hanya ada satu persen saja yang telah menerapkan teknik-tekniknya dengan penuh kesuksesan.

Pengertian dan pemahaman yang seragam mengenai rekayasa nilai sangat diperlukan diantara tim rekayasa nilai dan pihak-pihak yang terkait agar diperoleh hasil kerja rekayasa nilai yang optimum, sesuai dengan kebutuhan berdasarkan prinsip dan metode yang tepat.

Pengertian selengkapnya mengenai rekayasa nilai sebagaimana dikutip dari Zimmerman (1982) adalah seperti tersebut di bawah ini:

a. **Rekayasa nilai sebagai pendekatan tim multi disiplin**

Rekayasa nilai adalah suatu teknik penghematan biaya produksi yang melibatkan pemilik, perencana, para ahli yang berpengalaman di bidangnya masing-masing dan konsultan rekayasa nilai. Jadi pekerjaan rekayasa nilai adalah kerja suatu tim, yang anggota-anggotanya berasal dari berbagai kalangan dan disiplin ilmu, bukan kerja orang-perorangan.

b. Rekayasa nilai sebagai teknik manajemen yang teruji

Rekayasa nilai adalah suatu teknik penghematan biaya yang telah terbukti dan terjamin mampu menghasilkan berbagai produk yang bermutu dengan biaya rendah. Jadi rekayasa nilai, sebagai teknik yang direkomendasikan oleh para ahli, telah dibuktikan hasil-hasilnya pada praktek di lapangan oleh para praktisi.

c. Rekayasa nilai sebagai sistem yang terarah

Dengan menggunakan tahapan dalam rencana kerja rekayasa nilai, sebuah langkah-langkah yang tersusun rapi dan terarah, rekayasa nilai digunakan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan.

d. Rekayasa nilai sebagai fungsi yang terarah

Rekayasa nilai berorientasi pada fungsi-fungsi yang diperlukan pada setiap item maupun sistem yang ditinjau untuk menghasilkan nilai produk yang diinginkan. Fungsi, sebagai sebuah orientasi dalam rekayasa nilai, diterjemahkan ke dalam bentuk analisa fungsi dalam salah satu langkah dalam tahapan rencana kerja rekayasa nilai.

e. Rekayasa nilai berorientasi pada biaya daur hidup

Rekayasa nilai berorientasi pada biaya total yang diperlukan selama proses produksi serta optimasi pengoperasian segala fasilitas pendukungnya (berorientasi pada biaya total kepemilikan dan pengoperasian fasilitas). Orientasi pada biaya daur hidup proyek dimanifestasikan dalam bentuk analisa biaya daur hidup dalam salah satu bagian analisisnya dalam rencana kerja rekayasa nilai.

Zimmerman (1982) lebih jauh menjelaskan pengertian rekayasa nilai dalam bentuk yang lain, yaitu:

a. Rekayasa nilai bukan pemotongan biaya

Artinya bahwa rekayasa nilai bukanlah proses penghematan biaya dengan mengurangi biaya satuan (unit price), maupun mengorbankan mutu, keandalan dan penampilan dari produk yang dihasilkan.

b. Rekayasa nilai bukan peninjauan kembali desain

Artinya bahwa rekayasa nilai bukanlah mencari-cari kesalahan dalam perencanaan sebelumnya atau mengulangi perhitungan yang telah dilakukan oleh pihak perencana.

- c. Rekayasa nilai bukan suatu keharusan mengerjakan semua desain

Dalam arti bukan menjadi keharusan setiap perencana untuk melaksanakannya. Hal ini disebabkan perencana mempunyai keterbatasan waktu dalam melaksanakan pekerjaannya, sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan perbandingan dengan alternatif lain di luar yang dikuasainya.

- d. Rekayasa nilai bukan pengendalian mutu

Disebut demikian karena rekayasa nilai lebih dari sebuah pengendalian mutu.

2.2 Alasan Diperlukannya Rekayasa Nilai

Keterbatasan sumber daya baik berupa material, dana maupun tenaga kerja sering kali menjadi kendala kelangsungan sebuah proyek. Adanya keterbatasan sumber daya tersebut mendorong diadakannya langkah-langkah antisipatif yang bertujuan menjaga kelangsungan proyek atau produk yang dikerjakan. Langkah-langkah tersebut bisa berupa pinjaman dana dari pihak lain, penerapan program efisiensi penggunaan dana dan sebagainya.

Penerapan rekayasa nilai sebagai salah satu alternatif penghematan dana pada beberapa tahun terakhir ini meningkat dengan cukup pesat. Hal-hal yang menyebabkan peningkatan penerapan rekayasa nilai tersebut diantaranya:

- a. Peningkatan pesat biaya konstruksi dari tahun ke tahun
- b. Kekurangan dana atau biaya untuk pelaksanaan pembangunan
- c. Suku bunga perbankan yang cukup tinggi terhadap dana-dana yang dipergunakan
- d. Meningkatnya laju inflasi setiap tahun
- e. Kemajuan teknologi yang sangat pesat di mana sering dijumpai bahwa hasil perencanaan dan metode yang dipakai jauh tertinggal dengan *scientific progress*
- f. Pemilik proyek yang sering menghadapi suatu hasil perencanaan atau pekerjaan yang terlampaui mewah dan mahal, sehingga tidak terjangkau dengan dana yang tersedia. Sebaliknya, kemewahan tersebut sama sekali tidak menunjang fungsi utama (*basic function*) yang dibutuhkan. Hal ini sering terdapat pada perencanaan yang antara lain disebabkan kurang selarasnya komunikasi dan hubungan antara pemilik proyek yang menentukan keperluan-keperluannya dengan pihak

- perencana yang menerapkan keperluan-keperluan tersebut ke dalam bentuk spesifikasi dan gambar-gambar dua dimensi.
- g. Dengan mengambil keuntungan dari kemajuan teknologi dalam material dan metode konstruksi dan menggunakan kemampuan kreatif pada setiap perencana, dalam batas-batas tertentu masih dapat mengatasi peningkatan biaya konstruksi.
 - h. Untuk mendapatkan fasilitas yang diperlukan sesuai dengan dana yang tersedia, dapat dimanfaatkan usaha untuk mencapai fungsi utama yang diperlukan dengan biaya seminimal mungkin. Ini adalah usaha dari rekayasa nilai melalui pendekatan secara sistematis dan terorganisasi.

2.3 Saat Penerapan Rekayasa Nilai

Barrie dan Paulson (1984) menjelaskan, secara umum ada enam tahapan dasar yang memberikan sumbangan dalam realisasi suatu proyek mulai dari suatu gagasan hingga menjadi suatu kenyataan, yang dikenal dengan daur hidup proyek konstruksi atau *The Life Cycle of Construction Project*, yaitu:

- a. Konsep dan Studi Kelayakan (*Concept and Feasibility Studies*)
- b. Pengembangan (*Development*)
- c. Perencanaan (*Design*)
- d. Konstruksi (*Construction*)
- e. Operasi dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance*)
- f. Perbaikan

Setiap tahap berhubungan satu sama lain, besarnya waktu dalam prosentase yang dibutuhkan masing-masing tahap bergantung pada jenis proyek yang dikerjakan.

Secara teoritis, lanjut mereka, program rekayasa nilai dapat diaplikasikan pada setiap tahap sepanjang waktu berlangsungnya (*life time*) proyek, dari awal hingga selesainya pelaksanaan konstruksi, bahkan sampai pada tahap penggantian (*replacement*).

Kebanyakan suatu proyek, terutama proyek sipil berjalan tanpa diadakan studi rekayasa nilai terlebih dahulu. Untuk proyek dengan dana milyaran rupiah, hal demikian seharusnya tidak terjadi. Merupakan tugas konsultan rekayasa nilai untuk

menjamin dan meyakinkan pemilik bahwa setiap proyek dapat mencapai efisiensi dan penghematan biaya melalui penerapan program rekayasa nilai.

Meskipun program rekayasa nilai dapat diterapkan sepanjang waktu berlangsungnya proyek adalah lebih efektif bila program rekayasa nilai sudah diaplikasikan pada saat tertentu dalam tahap perencanaan untuk menghasilkan penghematan potensial yang sebesar-besarnya. Secara umum untuk mendapatkan penghematan potensial maksimum, penerapan rekayasa nilai harus dimulai sejak dini pada tahap konsep dan secara berkelanjutan hingga selesainya perencanaan.

Semakin lama saat menerapkan program rekayasa nilai potensi penghematan akan semakin kecil. Sedangkan biaya yang diperlukan untuk mengadakan perubahan akibat adanya rekayasa nilai semakin besar. Pada suatu saat potensi penghematan dan biaya perubahan akan mencapai titik impas (*break even point*), yang berarti tidak ada penghematan yang dapat dicapai.

2.3.1 Tahap Konsep Perencanaan

Berdasarkan studi-studi yang dilakukan Barrie dan Paulson (1984), penerapan rekayasa nilai sebisa mungkin diusahakan mulai dilaksanakan pada tahap konsep perencanaan. Sebab tahap ini mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap keseluruhan proyek, disamping kita memiliki fleksibilitas yang maksimal untuk mengadakan perubahan-perubahan tanpa menimbulkan biaya tambahan untuk merencana ulang (*redesign*).

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

Pada tahap perencanaan ini, pemilik proyek menetapkan:

- a. Tujuan proyek (*goal*)
- b. Keperluan-keperluan (*requirement*)
- c. Kriteria-kriteria yang diinginkan (*applicable criteria*)

Atas dasar tersebut perencana menetapkan objektivitas dari proyek dan kerangka biaya yang menjadi rencana anggaran biaya untuk menentukan batas-batas dari tujuan, keperluan-keperluan dan kriteria-kriteria yang diminta pemilik proyek.

Studi Barrie dan Paulson (1984) tersebut telah membuktikan bahwa perencana memiliki pengaruh terbesar pada biaya suatu proyek, demikian pula pemilik proyek yang menetapkan kebutuhan dan kriteria tersendiri mempunyai pengaruh sangat besar terhadap biaya proyek secara keseluruhan. Kurang lebih 70% biaya proyek telah ditetapkan pada akhir tahap konsep perencanaan yang disusun oleh perencana bersama pemilik proyek.

Oleh karenanya studi rekayasa nilai yang dilaksanakan pada tahap ini akan mempunyai potensi yang sangat besar untuk meningkatkan kualitas dan menurunkan biaya. Pada tahap ini pula studi studi rekayasa nilai dapat membantu pemilik proyek untuk:

- a. Menetapkan keperluan yang sebenarnya dari proyek tersebut, dimana diperlukan pengertian yang lengkap terhadap fungsi utama yang akan ditampilkan dalam perencanaan.
- b. Melakukan koordinasi terpadu antara ahli rekayasa nilai, pemilik proyek dan perencana untuk meneliti secara mendalam, menyeluruh dan menyatakan dengan tegas kebenaran dari semua keperluan-keperluan dan menghilangkan kesimpangsiuran.

2.3.2 Tahap Akhir Perencanaan

Dengan kemajuan perencanaan proyek, dari mulai konsep, *programming*, *schematic*, pengembangan sampai ke detail perencanaan (*final design*), rekayasa nilai diperlukan untuk mengiringi kemajuan perencanaan ini. Khususnya pada setiap penyerahan tahapan perencanaan analisa rekayasa nilai harus disertakan. Hal ini dimaksudkan agar dapat memberikan pengarahan kepada perencana dan menjamin bahwa pertimbangan dari segi nilai maupun biaya telah dikemukakan pada pemilik proyek guna mendapatkan perhatian dalam mengambil keputusannya.

Paling tidak rekayasa nilai ini harus dilaksanakan pada tahap pengembangan desain dan menyertai penyampaian hasil dari tahapan pengembangan perencanaan ini. Pada tahap ini hasil perencanaan telah diputuskan bentuk, ukuran dan spesifikasi telah diketahui yang mana memungkinkan untuk memberikan kepastian yang lebih

akurat dalam menentukan biaya-biaya dari sistem arsitektur dan struktur yang digunakan.

Selain itu studi rekayasa nilai masih cukup menguntungkan jika dilaksanakan pada akhir dari tahap perencanaan, namun elemen-elemen yang dapat dirubah tanpa mengakibatkan pengunduran waktu dan penambahan biaya untuk merubah perencanaan yang ada berkurang dibandingkan tahapan-tahapan sebelumnya, dan sangat tergantung dengan keadaan penjadwalan waktu dari proyek pada saat dimana studi rekayasa nilai akan dilaksanakan.

2.3.3 Tahap Pelelangan dan Pelaksanaan

Seperti disebutkan sebelumnya, penerapan rekayasa nilai akan efektif jika dilaksanakan pada tahap perencanaan karena penghematan potensial yang dihasilkan cukup besar, tetapi tidak menutup kemungkinan hal untuk dilaksanakan pada tahap pelelangan dan pelaksanaan.

2.4 Prosedur Pelaksanaan Rekayasa Nilai

Salah satu ciri spesifik metode optimasi biaya dengan teknik rekayasa nilai adalah diterapkannya secara sistematis dari awal analisa hingga mendapatkan hasil akhir yang dapat dipertanggungjawabkan. Sistematika tersebut terdiri dari tahap-tahap yang saling berhubungan satu sama lain yang menjelaskan proses analisa secara jelas dan terpadu. Tahap-tahap analisa tersebut dikenal sebagai Rencana Kerja Rekayasa Nilai.

Menegnai tahap-tahap analisa dalam rencana kerja rekayasa nilai, terdapat beberapa pendapat yang pada dasarnya sama dan saling melengkapi. Barrie dan Paulson (1984) memberikan daftar rencana kerja rekayasa nilai menurut beberapa pendapat, diantaranya:

- a. Menurut Dell'Isola pada tahun 1972, rencana kerja rekayasa nilai dibagi menjadi empat tahap, yaitu:

- Tahap Informasi
Melakukan identifikasi secara lengkap atas sistem struktur bangunan dan sistem pelaksanaan konstruksi, identifikasi fungsi dan estimasi biaya yang mendasar pada fungsi pokok.
 - Tahap Kreatif
Menggali gagasan-gagasan alternatif sistem struktur maupun pelaksanaan sebanyak-banyaknya dalam memenuhi fungsi pokok.
 - Tahap Analisa
Melakukan analisa terhadap gagasan-gagasan alternatif yang meliputi: analisa keuntungan-kerugian, analisa biaya daur hidup proyek, dan analisa pembobotan kriteria dalam analisa pemilihan alternatif, untuk mendapatkan alternatif yang paling potensial.
 - Tahap Rekomendasi
Mempersiapkan rekomendasi tertulis dari alternatif akhir yang dipilih dengan pertimbangan kemungkinan pelaksanaan secara teknis dan ekonomis.
- b. Menurut L. D. Miles pada tahun 1961, rencana kerja rekayasa nilai dibagi menjadi tujuh tahap, yaitu:
- Tahap Orientasi
 - Tahap Informasi
 - Tahap Kreatif
 - Tahap Analisa
 - Tahap Perencanaan Program
 - Tahap Pelaksanaan Program
 - Tahap Ihtisar dan Kesimpulan
- c. Menurut U. S. Dept. Of Defense pada tahun 1963, rencana kerja rekayasa nilai dibagi menjadi tujuh tahap, yaitu:
- Tahap Informasi
 - Tahap Kreatif
 - Tahap Analisa
 - Tahap Pengembangan
 - Tahap Penyajian

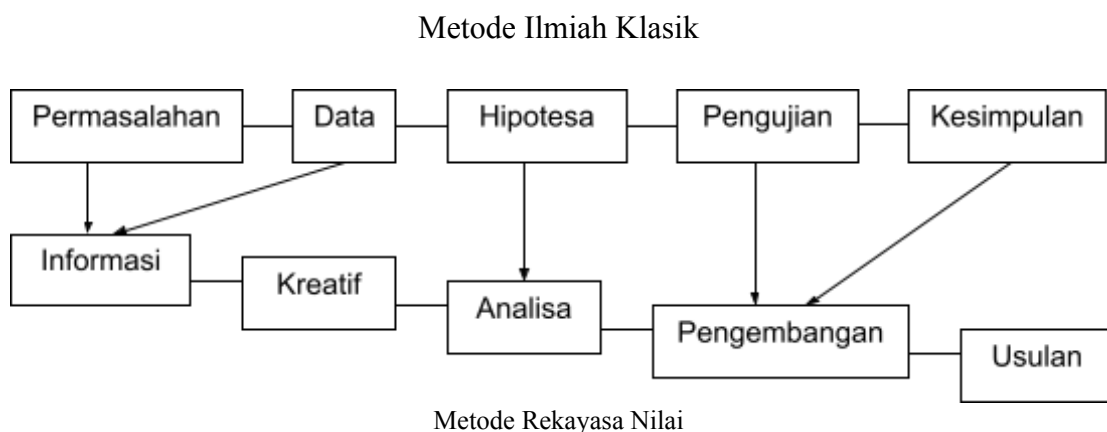
- d. Menurut Public Buildings Service of the General Service Administration (GSA-PBS) pada tahun 1972, rencana kerja rekayasa nilai dibagi menjadi delapan tahap, yaitu:
- Tahap Orientasi
 - Tahap Informasi
 - Tahap Kreatif
 - Tahap Analisa
 - Tahap Pengembangan
 - Tahap Penyajian
 - Tahap Penerapan
 - Tahap Tindak Lanjut
- e. Menurut L. D. Miles pada tahun 1972, rencana kerja rekayasa nilai dibagi menjadi lima tahap, yaitu:
- Tahap Informasi
 - Tahap Analisa
 - Tahap Kreatif
 - Tahap Penilaian
 - Tahap Pengembangan
- f. Menurut E. D. Heller pada tahun 1971, rencana kerja rekayasa nilai dibagi menjadi enam tahap, yaitu:
- Tahap Informasi
 - Tahap Kreatif
 - Tahap Evaluasi
 - Tahap Investigasi
 - Tahap Pelaporan
 - Tahap Penerapan
- g. Menurut A. E. Mudge pada tahun 1971, rencana kerja rekayasa nilai dibagi menjadi tujuh tahap, yaitu:
- Tahap Seleksi Proyek
 - Tahap Informasi
 - Tahap Fungsi

- Tahap Kreatif
- Tahap Evaluasi
- Tahap Investigasi
- Tahap Rekomendasi

Di Indonesia, tahap-tahap analisa dengan metode rekayasa nilai adalah seperti yang tercantum dalam lampiran B Keputusan Direktur Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum No. 222/KPTS/CK/1991 tanggal 7 Juni 1991 mengenai Pedoman Spesifikasi Teknis Penyelenggaraan Pembangunan Bangunan Gedung Negara, tahun anggaran 91-92. Adapun tahap-tahapnya meliputi:

- Tahap Orientasi
- Tahap Informasi
- Tahap Kreatif
- Tahap Analisa
- Tahap Pengembangan

Jika kita perhatikan lebih jauh, terdapat kesamaan pola pikir antara metode rekayasa nilai ini dengan metode ilmiah klasik. Gambar 2.1 menunjukkan kesamaan pola pikir tersebut yang terdiri dari beberapa tahap praktis.



Gambar 2.1 Perbandingan Metode Ilmiah Klasik dengan Metode Rekayasa Nilai

Sumber : Indonesian Consultancy Development Project, 1985, Application of Value Engineering

Pada pola pikir ilmiah, tahap pertama adalah timbulnya suatu permasalahan akibat suatu hal yang masih belum kita ketahui, untuk mempelajari masalah tersebut kita berusaha mendapatkan data yang sebanyak-banyaknya yang berkaitan dengan masalah yang dihadapi. Hal ini sesuai dengan tahap informasi dari rencana kerja rekayasa nilai, dimana kita berusaha mengumpulkan sebanyak mungkin data-data mengenai berbagai hal yang berhubungan dengan proyek yang kita tangani sehubungan dengan optimasi pembiayaan yang menjadi permasalahan proyek.

Kelebihan dari rencana kerja rekayasa nilai adalah adanya tahap kreatif, dimana pada tahap ini setiap tim rekayasa nilai dituntut untuk bisa memberikan alternatif pemecahan masalah/sumbang saran (*brainstorming*). Kreatifitas dan pengalaman setiap anggota tim akan menentukan berhasil atau tidaknya perencanaan rekayasa nilai seperti spesifikasi yang diharapkan.

Selanjutnya jika dalam metode ilmiah klasik, kita mengembangkan sejumlah hipotesa/dugaan sesuai dengan data dan penyelidikan yang kita lakukan, maka dalam rekayasa nilai untuk menguji beberapa alternatif yang kita ajukan, dilakukan serangkaian analisa baik secara teknis maupun non teknis sesuai dengan item/sistem yang kita tinjau.

Dari berbagai analisa tersebut akhirnya dapat diperoleh sebuah alternatif yang dianggap terbaik dan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, yang kemudian disiapkan untuk pengembangan lebih lanjut dengan pertimbangan pelaksanaan secara teknis dan ekonomis. Hal ini merupakan uji coba sekaligus kesimpulan akhir, jika bekerja dengan metode ilmiah klasik.

Tahap akhir dari rencana kerja rekayasa nilai yang tidak terdapat dalam metode ilmu pengetahuan adalah usulan, dimana kita menyajikan hasil analisa maupun studi yang telah kita lakukan kepada pemilik proyek untuk mendapatkan persetujuan penerapannya pada proyek yang bersangkutan.

2.4.1 Tahap Informasi

Tahap informasi, sebagai tahap awal dari rencana kerja rekayasa nilai, dimaksudkan untuk mengumpulkan dan mentabulasikan data-data yang berhubungan dengan item yang akan distudi. Informasi berupa data-data proyek secara umum

maupun data-data tentang item pekerjaan sangat diperlukan. Dari data-data inilah tahapan-tahapan dalam rencana kerja rekayasa nilai dapat dilakukan. Beberapa prinsip dasar yang dilakukan pada tahap informasi adalah *cost model* dan analisa fungsi. Dibawah ini dijelaskan prinsip-prinsip dasar tersebut.

□ ***Cost Model***

Cost Model diperlukan dalam menentukan item pekerjaan yang mempunyai biaya tinggi dan dibuat berdasarkan informasi analisa biaya yang telah didapat pada saat pengumpulan data. Ada beberapa bentuk *Cost Model* (Zimmerman, 1982), yaitu:

❖ Matrix Cost Model

Matrix Cost memisahkan komponen konstruksi proyek, dan mendistribusikan komponen tersebut ke dalam berbagai elemen dan sistem dari proyek.

❖ Breakdown Cost Model

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

Selain biaya nyata, yaitu biaya dari hasil desain yang sudah ada, dicantumkan juga nilai manfaat (worth) yang merupakan hasil estimasi tim rekayasa nilai berupa biaya terendah untuk memenuhi fungsi dasar.

□ **Hukum Distribusi Pareto**

Hukum distribusi pareto menyatakan bahwa 80% dari biaya total secara normal terjadi pada 20% item pekerjaan.

Dengan hukum distribusi pareto dapat ditentukan 80% biaya total yang berasal dari 20% item pekerjaan yang mempunyai biaya tinggi. Analisa fungsi hanya dilakukan pada 20% item pekerjaan tersebut. Sisa item pekerjaan hanya memiliki biaya rendah, sehingga tidak dilakukan studi pada item pekerjaan tersebut.

□ Analisa Fungsi

Fungsi adalah suatu pendekatan untuk mendapatkan suatu nilai tertentu, dalam hal ini fungsi merupakan karakteristik produk atau proyek yang membuat produk/proyek dapat bekerja atau dijual. Miles, sebagaimana dikutip Barrie dan Paulson di dalam Manajemen Konstruksi Profesional (1984) mendefinisikan fungsi sebagai dasar dari maksud sebuah item atau pengeluaran, yang dapat berupa perangkat keras atau suatu grup tenaga kerja, atau prosedur untuk melakukan atau menyelesaikan suatu fungsi.

Pendekatan fungsi di dalam rekayasa nilai adalah apa yang memisahkannya dari teknik reduksi biaya yang lain. O'Brien di dalam Manajemen Konstruksi Profesional karya Barrie dan Paulson (1984) membedakan fungsi atas:

- a. Fungsi dasar, yaitu fungsi, tujuan atau prosedur yang merupakan tujuan utama dan harus dipenuhi.
- b. Fungsi sekunder, yaitu fungsi pendukung yang mungkin dibutuhkan tetapi tidak melaksanakan kerja yang sebenarnya.

Analisa fungsi bertujuan untuk mengklasifikasikan fungsi-fungsi utama (*basic function*) maupun fungsi-fungsi penunjangnya (*secondary function*). Selain itu juga untuk mendapatkan perbandingan antara biaya dengan nilai manfaat yang dibutuhkan untuk menghasilkan fungsi tersebut.

Lebih lanjut dia menyarankan agar definisi fungsi dilakukan melalui penggunaan dua kata, kata kerja (*verb*) dan kata benda (*noun*). Cara ini memberikan keuntungan sebagai berikut:

- a. Membatasi timbulnya perluasan arti, sebab jika kita tidak bisa mendefinisikan suatu fungsi dalam dua kata maka kita tak cukup mempunyai informasi tentang masalah tersebut atau pendefinisian masalah menjadi terlalu luas.
- b. Menghindari penggabungan fungsi-fungsi dan pendefinisian lebih dari satu fungsi sederhana, karena dengan hanya menggunakan dua kata kita dipaksa untuk memecah-mecah masalah ke dalam elemen-elemen yang paling sederhana.
- c. Merupakan pembantu untuk mencapai tingkat pengertian yang paling mendalam dari hal-hal yang spesifik. Jika hanya dua kata yang digunakan kemungkinan

terjadinya kesalahan dalam komunikasi yang salah pengertian dikurangi hingga tingkat yang paling minimum.

Langkah selanjutnya adalah menentukan perbandingan antara *cost* dan *worth*, dimana *cost* adalah biaya yang dibayar untuk item pekerjaan tertentu (diestimasi oleh perencana) dan *worth* adalah biaya minimal untuk item pekerjaan tetapi fungsi tetap harus dipenuhi (biaya terendah yang diperoleh setelah ide ditemukan tetapi fungsinya tetap), dia merasa yakin bahwa indeks nilai seperti *cost* dibagi dengan *worth* akan sangat berguna.

2.4.2 Tahap Kreatif

Pada tahapan ini anggota tim rekayasa nilai dipacu untuk berfikir lebih dalam dari apa yang biasanya dilakukan. Ide-ide datang baik dari hasil kerja dalam tahap informasi maupun pemikiran anggota dan kelompok. Tahap ini tidak dapat dimulai sampai masalah dipahami sepenuhnya. Lebih banyak anggota tim yang berpartisipasi akan lebih banyak gagasan yang muncul. Semua ide dicatat dalam lembar kerja.

Barrie dan Paulson (1984) mengutip pernyataan Gordon tentang kelebihan dari kerja tim ini. Upaya berpikir kreatif setiap anggota dalam kelompok akan dirangsang oleh pihak lainnya dalam kelompok tersebut. Pertanyaan-pertanyaan yang diajukan oleh salah satu anggota kelompok dapat membangkitkan gagasan bagi anggota kelompok lainnya.

2.4.3 Tahap Analisa

Alternatif-alternatif yang dihasilkan pada tahap kreatif dibawa dan dibahas lebih jauh pada tahap analisa. Serangkaian analisa yang dilakukan atas setiap alternatif yang dihasilkan tersebut bertujuan (Barrie dan Paulson, 1984):

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

O'Brien sebagaimana dikutip oleh Barrie dan Pulson di dalam Manajemen Konstruksi Profesional (1984), memberi batasan-batasan dalam melakukan analisa dalam tahap ini. Batasan-batasan tersebut antara lain:

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

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam tahap analisa ini adalah sebagai berikut:

□ **Analisa Keuntungan dan Kerugian**

Pada analisa keuntungan dan kerugian, ide-ide yang didapat pada tahap kreatif dicatat keuntungan dan kerugiannya, kemudian diberi bobot nilai. Evaluasi ide harus subjektif mungkin. Beberapa kriteria yang dapat digunakan untuk menyaring ide diberikan oleh Barrie dan Paulson (1984) adalah:

- a. Keuntungan dalam segi biaya
- b. Apakah ide yang diusulkan memenuhi persyaratan fungsional yang diberikan
- c. Apakah ide yang baru tersebut dapat diandalkan
- d. Apakah dampaknya terhadap jadwal desain konstruksi
- e. Apakah dibutuhkan redesign yang berlebihan untuk mengimplementasikan ide tersebut
- f. Apakah terdapat perbaikan terhadap desain asli
- g. Apakah desain yang diusulkan pernah digunakan pada waktu yang lalu
- h. Apakah ide tersebut mempengaruhi estetika bangunan/proyek

Setelah keuntungan dan kerugian setiap ide kreatif dicatat, kemudian diberi peringkat (rating) untuk masing-masing alternatif.

□ **Analisa Biaya Daur Hidup Proyek**

Barrie dan Paulson (1984) mengklarifikasikan daur hidup suatu proyek dalam enam tahapan besar, yaitu tahap konsepsi dan studi kelayakan, rekayasa dan desain, pengadaan, konstruksi, memulai dan penerapan serta pengoperasian atau penggunaan.

Lebih lanjut mereka mengatakan bahwa pengukuran biaya yang akurat merupakan salah satu persyaratan yang terpenting dari suatu program rekayasa nilai yang berhasil. Sebagian besar perkiraan biaya dan catatan biaya yang dipergunakan dalam bidang konstruksi menangani biaya modal dari sudut pandang kontraktor maupun pemakai akhir dari fasilitas tersebut. Analisa biaya dari sudut pandang pemilik harus memperhitungkan modal, operasi yang akan datang serta biaya perawatan bila ingin mencapai nilai maksimum dari suatu investasi keseluruhan yang minimum.

Biaya daur hidup biasa dipakai sebagai alat bantu dalam analisa ekonomi untuk mencari alternatif-alternatif berbagai kemungkinan dalam pengambilan keputusan dan menggambarkan nilai sekarang serta nilai yang akan datang dari suatu proyek selama umur manfaat proyek itu sendiri dengan memperhatikan faktor ekonomi dan moneter yang saling dependen satu sama lainnya.

Kelly dan Steven Male (1993) memberikan prinsip-prinsip ekonomi yang dipakai dalam LCC, yaitu:

- a. Biaya sekarang (*present cost*)
- b. Biaya di kemudian hari (*future cost*)
- c. Biaya yang dikeluarkan pertahun (*annual cost*) dengan menggunakan formula diskonto (*discounting formula*)

Lebih lanjut mereka menjelaskan jenis-jenis yang termasuk LCC, yaitu:

- a. Biaya investasi
- b. Biaya pemilikan/pembebasan tanah

- c. Biaya rekayasa (perencana, desain dan pengawasan)
- d. Biaya perubahan desain
- e. Biaya administrasi
- f. Biaya penggantian
- g. Nilai sisa
- h. Biaya operasional

- ❖ Bahan bakar

- ❖ Gaji staff

- ❖ Listrik

- ❖ Bahan kimia

- ❖ Perbaikan dan servis

- ❖ pengangkutan

- i. Biaya pemeliharaan

- ❖ Suku cadang pelumas

- ❖ Buruh

- ❖ Pemeliharaan preventif

- ❖ kebersihan

- j. Biaya/beban bunga (*cost of money*) yang dibebankan selama proyek

Secara garis besar biaya daur hidup adalah biaya total dari kepemilikan dan pengoperasian fasilitas, menggambarkan biaya sekarang dan biaya yang akan datang selama masa hidup proyek.

Dalam analisa biaya daur hidup proyek, alternatif-alternatif dianalisa terhadap biaya daur hidup proyek.

□ **Analisa Pemilihan Alternatif**

Analisa pemilihan alternatif adalah analisa terakhir yang dilakukan dalam rangkaian rencana kerja rekayasa nilai, di mana alternatif-alternatif dinilai dan dipilih satu yang terbaik. Pada awalnya, kriteria-kriteria yang digunakan untuk menilai alternatif-alternatif diberi bobot dengan menggunakan pembobotan kriteria metode zero one. Aristoteles mengatakan bahwa kriteria terhadap manfaat sesuatu dapat berupa nilai ekonomis, moral, keindahan, sosial, politik, keagamaan dan hukum. Biaya bukanlah satu-satunya parameter pemilihan alternatif. Kriteria maupun parameter lain harus diperhatikan, misalnya biaya redesign, waktu implementasi, performansi, keselamatan, estetika dan sebagainya. Setelah semua kriteria diberi bobot dan alternatif-alternatif diberi nilai untuk masing-masing faktor, maka dipilihlah satu alternatif terbaik yang mempunyai hasil perkalian antara bobot dengan nilai tertinggi. Alternatif terbaik inilah yang akan dipilih sebagai alternatif usulan dalam tahap rekomendasi.

2.4.4 Tahap Usulan

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari rencana kerja rekayasa nilai menurut Dell'Isola. Setelah alternatif yang terbaik berhasil didapat dan disetujui oleh seluruh tim dalam tahap analisa seperti disebutkan terdahulu, maka tahap selanjutnya adalah tahap usulan, yaitu mengajukan rekomendasi tertulis kepada pemilik proyek atas alternatif terpilih baik dari segi teknis maupun ekonomisnya.

Barrie dan Paulson (1984) menganjurkan agar dalam mengajukan usulan dimasukkan pertimbangan segala sesuatu yang mungkin diperlukan untuk mendukung pelaksanaan alternatif tersebut, seperti bagaimana pengadaannya, pengangkutannya, pengerjaannya di lapangan, apa saja fasilitas penunjangnya, apa masalah-masalah yang mungkin timbul dalam pelaksanaan di lapangan serta cara penyelesaiannya. Dari segi cara penyampaian, penyampaian harus baik dan meyakinkan serta disajikan sejelas mungkin.

Secara lebih terperinci, mereka menjelaskan bahwa dalam tahap ini dapat dilakukan hal-hal seperti dibawah ini, yaitu:

- a. Mempersiapkan pertimbangan ulang mengenai alternatif yang diusulkan untuk menjamin bahwa alternatif tersebut merupakan nilai yang paling tinggi dengan penghematan yang memuaskan.
- b. Membuat usulan yang baik. Usulan yang baik adalah usulan yang disampaikan dengan metode yang baik, materi usulan jelas, ringkas dan mudah dimengerti.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Penelitian untuk tugas akhir ini adalah penelitian berupa penerapan rekayasa nilai pada sebuah proyek. Obyek studinya adalah proyek Pembangunan Jembatan Sungai Betung I Propinsi Kalimantan Selatan. Sebagai sebuah penelitian penerapan metode rekayasa nilai, maka metodologinya sepenuhnya mengikuti teknik-teknik dalam rekayasa nilai. Dalam hal ini adalah rencana kerja rekayasa nilai menurut Dell'Isolla (1972) yang meliputi Tahap Informasi, Tahap Kreatif, Tahap Analisa dan Tahap Rekomendasi/Usulan.

3.2. Data

Data merupakan materi/bahan yang sangat penting dalam suatu penelitian. Demikian juga dalam penelitian ini, data-data yang diperoleh dipelajari dan diolah sesuai dengan tujuan penelitian ini

3.2.1 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini disusun berdasarkan data-data proyek beserta data-data penunjang lainnya yang diperoleh dari berbagai sumber. Di bawah ini tertera jenis dan sumber data yang dipergunakan.

Jenis	Sumber
a. Rencana Kerja dan Syarat	- PT. Herda Carter Indonesia (Konsultan Perencana)
b. Rencana Anggaran Biaya	PT. Herda Carter Indonesia (Konsultan Perencana)
c. Desain Perencanaan	- PT. Herda Carter Indonesia (Konsultan Perencana)
d. Penjadwalan	- PT. Adhi Karya (Persero) Tbk (Kontraktor Pelaksana)
e. Metode Pelaksana Proyek	- PT. Adhi Karya (Persero) Tbk (Kontraktor Pelaksana)
f. Daftar Harga Material	- Jurnal Harga Material
g. Literatur	- Brosor Harga Material

3.2.2 Teknik Memperoleh Data

Teknik memperoleh data dilakukan dengan cara, yaitu :

- Mengumpulkan data-data proyek Pembangunan Jembatan Sungai Betung I Propinsi Kalimantan Selatan dari pihak Konsultan Perencana dan Kontraktor Pelaksana. Data-data yang diperoleh dengan cara ini antara lain data Rencana Kerja dan Syarat (RKS), Desain Perencana, Rencana Anggaran Biaya dan Penjadwalan Proyek.

- b. Mengadakan observasi berupa pengamatan langsung ke obyek penelitian yaitu proyek Pembangunan Jembatan Sungai Betung I Propinsi Kalimantan Selatan dan mengadakan wawancara dengan pihak kontraktor pelaksana untuk mendapatkan data metode pelaksanaan.
- c. Melakukan penelusuran harga material/bahan bangunan dari jurnal dan brosur harga bahan bangunan.
- d. Mengadakan studi kepustakaan dengan mempelajari buku-buku literatur serta jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.2.3 Verifikasi dan Analisa Data

Tahapan dalam verifikasi dan analisa data untuk penelitian ini adalah :

- a. Mempelajari data-data desain perencanaan serta rencana kerja dan syarat
- b. Mempelajari data rencana anggaran biaya serta menganalisa setiap item pekerjaan.
- c. Mempelajari apid ane-literatur berupa buku-buku dan jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.3. Rencana Kerja Rekayasa Nilai

Rencana kerja rekayasa nilai adalah tahapan-tahapan yang tersusun secara sistematis, rapi dan terarah untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dalam studi rekayasa nilai. Pada penelitian ini digunakan rencana kerja rekayasa nilai menurut Alphone Dell'Isola (1972) yang meliputi Tahap Informasi, Tahap Kreatif, Tahap Analisa dan Tahap Rekomendasi/Usulan.

3.3.1 Tahap Informasi

□ Tujuan Tahap Informasi

Tahap informasi yang merupakan tahap awal dalam rencana kerja rekayasa nilai dimaksudkan untuk memenuhi beberapa tujuan. Adapun tujuan-tujuan tersebut antara lain :

- a. Mendapatkan basis informasi umum tentang suatu sistem atau proyek
- b. Memperoleh pentabulasian data yang berkenaan dengan item pekerjaan
- c. Menentukan item pekerjaan studi

- d. Mendapatkan item pekerjaan yang akan dilakukan penggalian terhadap alternatif-alternatifnya pada tahap kreatif dan penganalisaan pada tahap analisa

□ **Teknik dan Metode**

Teknik atau metode adalah cara-cara konstruktif yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang telah direncanakan. Demikian pula pada tahap informasi dari rencana kerja rekayasa nilai, teknik dan metode yang digunakan adalah berupa langkah-langkah yang dilakukan dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. di bawah ini dipaparkan teknik atau metode yang digunakan untuk mencapai masing-masing tujuan.

- ◆ Metode untuk mendapatkan basis informasi umum tentang sistem atau proyek
 - a. Mengumpulkan informasi-informasi dan data-data proyek, yang meliputi: rencana anggaran biaya, rencana kerja dan syarat, penjadwalan proyek, desain perencanaan dan konsepsi perencanaan atau *term of reference*
 - b. Mempelajari, mengklasifikasikan dan mengolah data-data tersebut menjadi sebuah informasi yang tersusun rapi.
- ◆ Metode dalam pentabulasian data yang berkenaan dengan item pekerjaan yaitu:
 - a. Mempelajari gambar desain perencanaan untuk mendapatkan komponen-komponen dari item pekerjaan.
 - b. Mempelajari data rencana anggaran biaya untuk mendapatkan biaya masing-masing komponen dan biaya item pekerjaan.
 - c. Menyusun dalam bentuk tabel.
- ◆ Metode dalam menentukan item pekerjaan studi
 - a. Menentukan item pekerjaan berbiaya tinggi dengan membuat cost model proyek contoh
 - b. Memilih item pekerjaan yang akan menjadi item pekerjaan studi berdasarkan cost model, breakdown cost model serta grafik hukum distribusi Pareto contoh.
 - c. Menggambarkan item pekerjaan terpilih/studi dalam bentuk cost model, breakdown cost model serta grafik hukum distribusi Pareto.

♦ Metode untuk mendapatkan item pekerjaan yang akan dilakukan penggalan terhadap alternatif-alternatifnya pada tahap kreatif dan penganalisaan pada tahap analisa adalah analisa fungsi terhadap semua sub item pekerjaan pada item pekerjaan terpilih. Adapun urutan-urutan dalam analisa fungsi adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan fungsi dasar item pekerjaan.
- b. Menentukan fungsi-fungsi komponen item pekerjaan, mengklasifikasikan fungsi-fungsi tersebut ke dalam fungsi *basic*, untuk komponen-komponen yang berfungsi sama dengan fungsi dasar item pekerjaan, dan fungsi sekunder untuk item pekerjaan yang berfungsi sebagai penunjang fungsi dasar item pekerjaan
- c. Menentukan rasio Cost/Worth yang merupakan indeks nilai biaya dibandingkan dengan nilai manfaat
- d. Menentukan sub item-sub item (untuk selanjutnya disebut item saja) pekerjaan yang akan dilakukan penggalan terhadap alternatif-alternatifnya pada tahap kreatif dan penganalisaan pada tahap analisa

□ **Alat**

Dalam penerapan teknik serta metode di atas, dipergunakan alat bantu berupa gambar-gambar serta tabel-tabel, yang terdiri dari tabel breakdown cost model, tabel perhitungan hukum distribusi Pareto serta gambar grafik hukum distribusi Pareto. Di bawah ini dijelaskan tabel-tabel serta gambar-gambar tersebut.

♦ **Tabel Breakdown Cost Model**

Tabel breakdown cost model memperlihatkan pemecahan sistem dalam suatu susunan dari elemen tertinggi sampai elemen terendah, dengan mencantumkan biaya tiap elemen untuk melukiskan distribusi pengeluaran.

Tabel 3.1. memperlihatkan bentuk tabel breakdown cost model. Cara pengisian tabel tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Kolom Nomer diisi dengan urutan nomer item pekerjaan dimulai dari item pekerjaan pertama sampai terakhir.
- b. Kolom Item Pekerjaan diisi dengan nama item pekerjaan yang bersangkutan dimulai secara urut dari item pekerjaan berbiaya tertinggi sampai rendah.

- c. Kolom prosentase Cost Komulatif diisi dengan angka yang menunjukkan prosentase cost komulatif item pekerjaan tersebut terhadap jumlah total biaya. Cost komulatif pekerjaan diperoleh dengan menjumlahkan cost item tersebut dengan cost item-item pekerjaan di atasnya.
- d. Kolom Item Cost diisi dengan kost item pekerjaan tersebut sesuai dengan data analisa biaya.
- e. Baris Total diisi dengan jumlah item cost

Tabel 3.1 Breakdown Cost Model

No	<i>Item Pekerjaan</i>	<i>Prosentase Komulatif</i> (%)	<i>Item cost</i>
Total			

Sumber: diolah oleh penulis

Tabel 3.2. merupakan bentuk tabel perhitungan hukum distribusi Pareto. Cara pengisiannya adalah sebagai berikut:

- a. Kolom Nomer diisi dengan angka urut nomer item pekerjaan dimulai dari item pekerjaan pertama sampai terakhir.

- b. Kolom Item Pekerjaan diisi dengan nama item pekerjaan yang bersangkutan dimulai secara urut dari item pekerjaan berbiaya tertinggi sampai rendah.
- c. Kolom item Cost diisi dengan angka yang menunjukkan cost item pekerjaan tersebut sesuai dengan data analisa biaya
- d. Kolom Cost Komulatif diisi dengan angka yang menunjukkan cost komulatif item pekerjaan bersangkutan. Cost komulatif pekerjaan diperoleh dengan menjumlahkan cost item pekerjaan tersebut dengan cost item-item pekerjaan di atasnya.
- e. Kolom Prosentase Item Pekerjaan Komulatif diisi dengan angka yang menunjukkan prosentase komulatif item pekerjaan relatif terhadap jumlah total item pekerjaan.
- f. Kolom Prosentase Cost Komulatif diisi dengan angka yang menunjukkan prosentase cost komulatif item pekerjaan tersebut terhadap jumlah total biaya.

Tabel 3.2 Perhitungan Hukum Distribusi Pareto

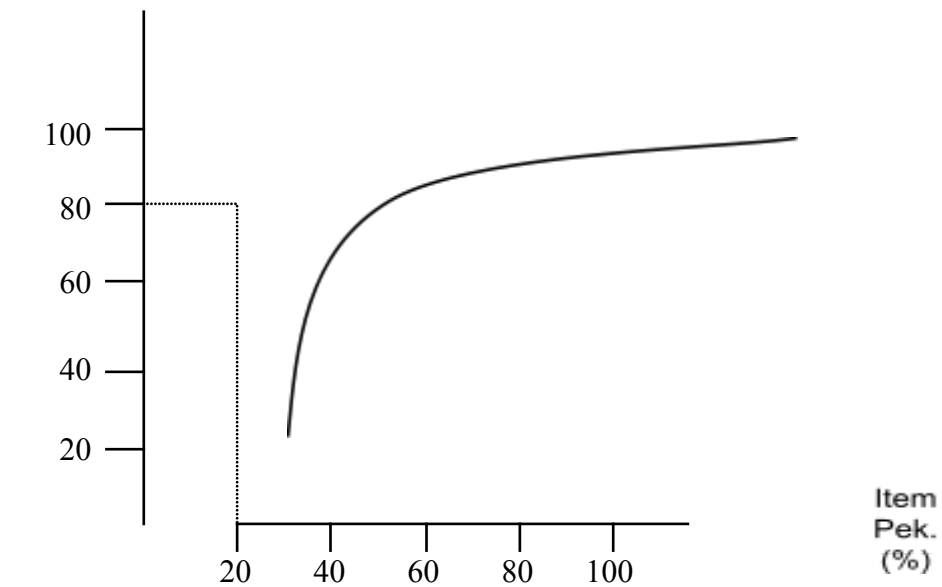
No	Item Pekerjaan	Cost	Cost Komulatif	Prosentase Item Pekerjaan Komulatif (%)	Prosentase Cost Komulatif (%)

Sumber: diolah oleh penulis

◆ Gambar Grafik Hukum Distribusi Pareto

Hukum distribusi Pareto menyatakan bahwa 80% biaya total secara normal terjadi pada 20% item pekerjaan. Gambar 3.1 menggambarkan grafik hukum distribusi Pareto.

Total Cost
(%)



Gambar 3.1. Hukum distribusi Pareto

Sumber: Indonesia Consultancy development Project (1985), *Application of Value Engineering*

◆ Tabel Analisa Fungsi

Tabel Analisa Fungsi digunakan untuk menerangkan fungsi utama item pekerjaan, menggambarkan mengklasifikasi fungsi-fungsi utama (basic function) maupun fungsi-fungsi penunjangnya (secondary function), serta untuk mendapatkan perbandingan antara biaya dengan nilai manfaat yang dibutuhkan untuk menghasilkan fungsi tersebut.

Tabel 3.3 memperlihatkan bentuk formulir analisa fungsi. Adapun urutan pengisiannya adalah sebagai berikut:

- Baris Proyek diisi dengan nama proyek studi
- Baris Lokasi diisi dengan nama tempat/lokasi proyek studi
- Baris Item Pekerjaan diisi dengan nama item pekerjaan yang dianalisa.
- Baris fungsi diisi dengan nama fungsi item pekerjaan yang dianalisa
- Kolom Nomer diisi dengan angka urutan nomer item pekerjaan dimulai dari item pekerjaan pertama sampai akhir.
- Kolom komponen digunakan untuk mengisi sub-item dari item pekerjaan yang akan dianalisa.

- g. Fungsi didefinisikan dalam dua kata, kata kerja aktif dan kata benda yang teratur. Setiap fungsi diklasifikasikan sebagai fungsi dasar, ditulis pada kolom jenis dengan huruf B dan fungsi penunjang, ditulis pada kolom jenis dengan huruf S.
- h. Langkah selanjutnya adalah mengisi jumlah biaya fungsi utama (worth), dan jumlah biaya keseluruhan (cost)
- i. Membandingkan jumlah biaya keseluruhan (cost) dengan jumlah biaya fungsi utama (worth)

Tabel 3.3 Analisa Fungsi

<i>TAHAP INFORMSASI</i>							
Analisa Fungsi							
Proyek :							
Lokasi :							
Item Pekerjaan :							
Fungsi :							
No	Komponen	Fungsi			Worth	Cost	Keterangan
		K. Kerja	K. Benda	Jenis			

Total			
Cost/worth =			

Sumber: diolah oleh penulis dari Zimmerman

3.3.2 Tahap Kreatif

□ Tujuan Tahap Kreatif

Tahap kreatif yang merupakan kelanjutan dari tahap informasi bertujuan untuk menggali dan mengumpulkan alternatif-alternatif untuk mencapai fungsi dasar yang dituju. Tahap ini merupakan tahap dari rencana kerja rekayasa nilai yang menuntut daya kreatif dan inovatif.

□ Teknik dan Metode

Sebagaimana tahap informasi, dalam tahap ini juga digunakan metode dan teknik untuk memenuhi tujuannya, yang dijelaskan sebagai berikut:

- Berdasarkan analisa fungsi yang dilakukan dalam tahap sebelumnya, dimungkinkan untuk menghemat biaya dengan jalan sebisa mungkin menghilangkan komponen-komponen item pekerjaan dengan fungsi sekunder. Dalam mengeliminasi fungsi sekunder diperlukan kehati-hatian dalam menghilangkan fungsi sekunder. Tidak semua fungsi sekunder bisa dihilangkan karena ada batasan-batasan. Batasan-batasan tersebut antara lain: syarat-syarat teknis dan pertimbangan arsitektural kokok dalam *term of reference* perencanaan.
- Mengganti komponen-komponen item pekerjaan fungsi premir dengan alterbatif-alternatif lain yang mungkin. Sebagaimana dalam langkah sebelumnya, dalam langkah ini juga ada batasan-batasan sehingga semua alternatif dapat digunakan. Selain syarat-syarat teknis dan pertimbangan arsitektural pokok dalam *term of reference* perencanaan, juga harus diperhatikan perubahan analisa srtuktur atas penerapan alternatif tersebut. Pemakaian material tertentu untuk mengganti material yang direncanakan dengan sendirinya akan merubah asumsi pembebanan.

- c. Mengganti desain lama dengan desain baru beserta komponen-komponen item pekerjaan baru. Penggantian ini dibatasi juga oleh syarat-syarat teknis, pertimbangan arsitektural dan batasan-batasan dalam analisa struktur.
- d. Mengumpulkan semua alternatif hasil kerja di atas dan memberi penilaian keuntungan dan kerugian setiap alternatifnya.
- e. Memilih beberapa alternatif saja di antara alternatif-alterbatif lainnya yang mempunyai bobot/rangking tertinggi untuk dianalisa pada taha-tahap berikutnya.

□ **Alat**

Alat bantu yang digunakan dalam tahap alternatif adalah literatur-literatur tentang sistem bangunan dan arsitekturnya, berkonsultasi dengan berbagai pihak yang mempunyai kemampuan di bidang tersebut serta penggunaan alat bantu tabel. Tabel 3.4 memperlihatkan bentuk formulir dari pengumpulan alternatif-alternatif beserta penilaian keuntungan serta kerugiannya. Langkah-langkah pengisian formulir tersebut adalah:

- a. Baris Proyek diisi dengan nama proyek studi
- b. Baris Lokasi diisi dengan nama tempat/lokasi proyek studi.
- c. Baris Item diisi sesuai dengan item pekerjaan yang bersangkutan
- d. Fungsi item pekerjaan diisi pada Baris Fungsi.
- e. Kolom Nomer diisi dengan angka urutan nomer alternatif. Pengisian nomer urutan alternatif-alternatif tidak harus urutan.
- f. Kolom Alternatif diisi dengan nama alternatif
- g. Kolom Keuntungan diisi dengan jenis keuntungan dari alternatif yang bersangkutan
- h. Kolom Kerugian diisi dengan jenis kerugian alternatif. Keuntungan serta kerugian bisa lebih dari satu jenis
- i. Kolom ringking diisi angka penunjuk. Semakin besar jumlah angka, semakin tinggi rangking suatu alternatif.

Tabel 3.4 Pengumpulan dan Penilaian alternatif

TAHAP KREATIF				
Pengumpulan Alternatif-alternatif				
Proyek :				
Lokasi :				
Item :				
Fungsi :				
No	Alternatif	Keuntungan	Kerugian	Rangking

Sumber: diolah oleh Penulis

3.3.3 Tahap Analisa

□ Tujuan Tahap Analisa

Tahap Analisa merupakan inti dari rencana kerja rekayasa nilai. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam tahap ini adalah memilih suatu alternatif desain terbaik di antara alternatif-alternatif desain lainnya sebagai desain usulan dalam tahap usulan/rekomendasi. Sebagai kelanjutan dari tahap kreatif, tahap ini berisi analisa alternatif-alternatif yang dihasilkan dalam tahap kreatif. Penilaian dalam tahap analisa dilakukan seobyektif mungkin.

□ Teknik dan Metode yang Digunakan

Penilaian dan pemilihan alternatif-alternatif dalam tahap ini dilakukan dengan berbagai teknik dan metode, yaitu: analisa keuntungan dan kerugiannya, analisa biaya daur hidup proyek serta analisa pemilihan alternatif. Berikut ini dijelaskan masing-masing metode.

Adapun jenis analisa yang dilakukan dalam analisa ini meliputi sebagai berikut:

◆ Analisa Keuntungan dan Kerugian

Alternatif-alternatif yang didapat pada tahap kreatif dicatat keuntungan dan kerugiannya, kemudian diberi bobot nilainya (rangking). Beberapa kriteria yang digunakan untuk menyaring ide adalah:

- a. Keuntungan dari segi biaya
- b. Kesesuaian alternatif dengan persyaratan fungsional yang diberikan
- c. Keadaan alternatif
- d. Pengaruh terhadap jadwal desain dan konstruksi
- e. Waktu pelaksanaan
- f. Kesesuaian terhadap teknologi dan peralatan yang ada

◆ **Analisa Biaya Daur Hidup Proyek**

Setelah dilakukan penilaian terhadap keuntungan serta kerugiannya, alternatif-alternatif tersebut dianalisa pengaruhnya terhadap biaya daur hidup proyek. Biaya daur hidup adalah biaya total dari kepemilikan dan pengoperasian fasilitas. Analisa ini menggambarkan biaya sekarang dan biaya yang akan datang selama masa hidup proyek dalam analisa ini, alternatif-alternatif dibandingkan terhadap biaya tahunan kepemilikan dan pengoperasian fasilitas.

□ **Analisa Pemilihan Alternatif**

Analisa pemilihan alternatif adalah analisa terakhir yang dilakukan dalam rangkaian rencana kerja rekayasa nilai, dimana alternatif-alternatif dinilai dengan menggunakan pembobotan kriteria metode zero one. Seperti yang telah dijelaskan dimuka bahwa biaya bukanlah satu-satunya parameter pemilihan alternative. Kriteria maupun parameter lain diperhatikan, misalnya biaya redesain, waktu implementasi, performansi, keselamatan, estetika, dan sebagainya. Setelah semua kriteria diberi bobot dan dinilai, maka pilihlah satu alternative terbaik yang mempunyai hasil perkalian antara bobot dengan dengan nilai tertinggi. Alternatif terbaik inilah yang akan dipilih sebagai alternative usulan dalam tahap rekomendasi.

□ **Alat**

Alat bantu yang digunakan dalam tahap ini adalah:

- a. Penggunaan gambar-gambar dan tabel-tabel
- b. Jurnal, brosur dan buku-buku sebagai bahan literatur
- c. Hasil sumbang saran dengan orang-orang yang berpengalaman di bidang industri konstruksi terutama bangunan gedung.

Untuk memudahkan dan mensistemasi analisa digunakan tabel. Adapun tabel yang dipakai antara lain:

◆ **Tabel Analisa Keuntungan dan kerugian**

Tabel 3.5 berikut adalah contoh bentuk tabel analisa keuntungan dan kerugian yang digunakan. Pengisian tabel tersebut adalah:

- a. Baris Proyek diisi dengan nama proyek studi
- b. Baris Lokasi diisi dengan nama tempat/lokasi proyek studi
- c. Baris Item diisi sesuai dengan item pekerjaan yang bersangkutan
- d. Fungsi item pekerjaan diisikan pada Baris Fungsi.
- e. Kolom Nomer diisi dengan angka urutan nomer alternatif. Pengisian nomer urutan alternatif-alternatif tidak harus urutan.
- f. Kolom Alternatif diisi dengan nama alternatif
- g. Kolom Keuntungan diisi dengan jenis keuntungan dari alternatif yang bersangkutan
- h. Kolom Kerugian diisi dengan jenis kerugian alternatif tersebut. Keuntungan serta kerugian bisa lebih dari satu jenis.
- i. Kolom Rangkings diisi angka penunjuk. Semakin besar jumlah angka, semakin tinggi rangking suatu alternatif.

Tabel 3.5. Pengumpulan dan Penilaian alternatif

TAHAP ANALISA	
Analisa Keuntungan dan Kerugian	
Proyek :	

Lokasi :				
Item :				
Fungsi :				
No.	Alternatif	Keuntungan	Kerugian	Rating

Sumber: diolah oleh Penulis

◆ Tabel Analisa Biaya Daur Hidup

Tabel analisa biaya daur hidup menggambarkan biaya sekarang dan biaya yang akan datang dari alternatif-alternatif. Penghematan biaya dapat juga dilihat pada tabel ini. Tabel 3.6 adalah contoh formulir analisa biaya daur hidup. Adapun cara pengisian formulir tersebut adalah:

- Baris Proyek diisi dengan nama proyek studi.
- Baris Lokasi diisi dengan nama tempat/lokasi proyek studi.
- Baris Item Pekerjaan diisi dengan nama item pekerjaan yang dianalisa.
- Kolom Nomer diisi dengan angka urut nomer seperti tertera di tabel.
- Baris Biaya konstruksi diisi dengan biaya konstruksi item pekerjaan sesuai perhitungan analisa biaya menurut masing-masing alternatif.
- Baris biaya redesain diisi dengan biaya perencanaan kembali item pekerjaan, biasanya berupa prosentase dari biaya konstruksi masing-masing alternatif.
- Baris *Replacement Cost* diisi dengan biaya penggantian masing-masing alternatif bila terjadi penggantian untuk usia proyek rencana.
- Baris *Salvage Cost* diisi dengan biaya sisa masing-masing alternatif pada akhir usia proyek
- Baris *Operational Cost* diisi dengan biaya operasional masing-masing alternatif.
- Baris *Maintenance Cost* diisi dengan biaya sesuai analisa ekonimi teknik masing-masing alternatif.

- k. Baris *Total Cost Present Value* diisi dengan total biaya (penjumlahan dari biaya-biaya di atasnya), yang menunjukkan nilai sekarang dari biaya total.

Tabel 3.6 Analisa Biaya Daur Hidup

TAHAP ANALISA Analisa Biaya Siklus Hidup						
Proyek : Lokasi : Item :						
		Present value	Original	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Initial cost	1.	Biaya Konstruksi				
	2.	Biaya Redesain				
	3.	Total Initial cost				
Replacement cost	4.					
Salvage Cost	5.					
Operational Cost	6.					
Maintenance Cost	7.	Years				
	8.	Annual Maintenance Cost				
	9.	Present worth of annual maintenance cost				
	10.	TOTAL COST PRESENT VALUE				

Sumber: diolah oleh Penulis

◆ Tabel Pembobotan Kriteria dengan Zerro One

Tabel Pembobotan Kriteria menjelaskan proses pemberian bobot terhadap kriteria-kriteria yang diberikan. Bobot setiap kriteria ini akan digunakan dalam analisa pemilihan alternatif. Tabel 3.7 merupakan contoh formulir pembobotan kriteria dengan Zero One. Adapun cara pengisian formulir tersebut adalah sebagai berikut:

- Baris proyek diisi dengan nama proyek studi.
- Baris lokasi diisi dengan nama tempat/lokasi proyek studi
- Baris item diisi dengan nama item pekerjaan yang dianalisa.
- Kolom nomer diisi dengan angka urut nomer kriteria
- Semua Kriteria yang diperlukan ditulis di kolom kriteria
- Dilakukan perbandingan antara kriteria-kriteria tersebut, dengan membandingkan kriteria yang satu dengan yang lain. Kriteria yang sama bobotnya dengan kriteria lain diberi tanda X, kriteria yang lebih penting dibanding kriteria lain diberi nilai 0 (nol).
- Pembobotan kriteria diberikan berdasarkan rangking dan diberi angka mulai dari angka 10 (sepuluh) untuk kriteria yang penting sampai dengan angka 1 (satu) untuk kriteria yang tidak penting.
- Rating diberikan kepada masing-masing alternatif dengan membagi bobot alternatif tersebut terhadap total bobot yang ada.

Tabel 3.7 Analisa Pembobotan kriteria dengan Zero One

<p style="text-align: center;">TAHAP ANALISA Pembobotan kriteria dengan Zero One</p>								
Proyek : Lokasi : Item :								
No.	Kriteria	1	2	3	4	5	TOTAL	Rating
Jumlah								

Sumber: diolah oleh penulis

◆ Tabel Penilaian Alternatif

Tabel penilaian alternatif menjelaskan proses pemberian nilai berupa angka-angka terhadap alternatif-alternatif yang dianalisa. Pemberian nilai berupa angka pada alternatif-alternatif didasarkan pada bobot kriteria yang didapat saat pembobotan kriteria dan nilai alternatif-alternatif tersebut pada kriteria yang ditinjau. Tabel 3.8 adalah formulir analisa penilaian alternatif. Adapun langkah-langkah pengisiannya adalah:

- a. Baris proyek diisi dengan nama proyek studi.
- b. Baris Lokasi diisi dengan nama tempat/lokasi proyek studi.
- c. Baris Item diisi dengan nama item pekerjaan yang dianalisa.
- d. Kolom Nomer diisi dengan angka urut nomer kriteria
- e. Kolom kriteria diisi dengan nama kriteria dan diurutkan mulai dengan kriteria yang mempunyai bobot tertinggi sampai dengan yang terendah.
- f. Kolom Bobot diisi dengan angka sesuai dengan bobot masing-masing kriteria.
- g. Kolom Nomer Kriteria diisi dengan nama semua alternatif-alternatif yang ada. Jumlah kolom ini bervariasi sesuai dengan jumlah alternatif yang dianalisa.
- h. Kolom Nilai pada tiap-tiap alternatif diisi dengan angka-angka yang telah ditentukan pada bagian-bagian sebelumnya.
- i. Kolom Hasil pada tiap-tiap alternatif diisi dengan angka-angka yang merupakan hasil perkalian antara angka pada kolom bobot dengan angka pada kolom nilai tiap-tiap baris.
- j. Alternatif dengan jumlah nilai tertinggi adalah alternatif terbaik dan akan menjadi alternatif usulan.

Tabel 3.8 Analisa Pemilihan Alternatif

TAHAP ANALISA Analisa Pemilihan Alternatif						
Proyek :						
Lokasi :						
Item Pekerjaan :						
No.	Kriteria	Bobot	Nomer Kriteria			
			Usulan 1		Usulan 2	
			Nilai	Hasil	Nilai	Hasil
	Total					

Sumber: diolah oleh penulis

3.3.4 Tahap Rekomendasi

□ Tujuan Tahap Rekomendasi

Tahap rekomendasi sebagai kelanjutan dari tahap analisa merupakan tahap pelaporan usulan atas hasil kerja studi rekayasa nilai. Tujuan yang ingin didapat dalam tahap ini adalah mempersentasikan secara lengkap hasil studi, dengan menjelaskan secara jelas alternatif yang terpilih.

□ Teknik dan Metode yang Digunakan

Sebagaimana umumnya bentuk pelaporan, penyajian hasil studi rekayasa nilai menurut teknik dan metode penyampaian yang baik dalam penelitian ini, metode penyampaian hasil studi rekayasa nilai dilakukan dengan cara penyampaian tertulis. Hasil yang telah dicapai akan dilaporkan dalam bentuk tulisan. Informasi diikhtisarkan secara ringkas dan jelas dan sebisa mungkin ditulis dalam format tabel untuk memudahkan penyampaian. Dalam penyampaian, dicantumkan secara eksplisit perbandingan antara desain lama dengan desain usulan, keunggulan-keunggulan desain usulan dan besarnya penghematan. Besarnya penghematan didapat dengan mengurangi analisa biaya desain lama dengan desain usulan.

□ **Alat**

Alat bantu yang digunakan untuk menyampaikan hasil studi ini adalah berupa tabel usulan. Tabel 3.8 adalah contoh format tabel usulan. Adapun cara pengisian tabel tersebut adalah:

- a. Baris Proyek diisi dengan nama proyek studi
- b. Baris Lokasi diisi dengan nama tempat/lokasi proyek studi
- c. Baris Item diisi dengan nama item pekerjaan yang diusulkan
- d. Baris Rencana awal diisi dengan diskripsi ringkas tentang desain awal
- e. Baris usulan diisi dengan diskripsi ringkas tentang desain usulan
- f. Baris Penghematan Biaya diisi dengan jumlah penghematan biaya yang diperoleh apabila desain usulan diterapkan.
- g. Baris Dasar Pertimbangan diisi dengan kriteria-kriteria pertimbangan dan ditulis dalam format urut ke bawah berdasarkan kriteria tertinggi sampai dengan kriteria terendah.

Tabel 3.9 Rekomendasi

TAHAP REKOMENDASI	
Proyek	:
Lokasi	:
Item Pekerjaan	:
1. Rencana Awal	
2. Usulan	
3. Penghematan biaya	
4. Dasar Pertimbangan	

Sumber: diolah oleh penulis

3.4 Sistem Penelitian

Sistematika penelitian adalah sistemisasi langkah-langkah, dari awal sampai akhir, yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini. Adapun langkah-langkah tersebut adalah:

a. Menemukan ide.

Ide dari penelitian ini adalah perlunya optimasi biaya dan keseimbangan fungsi, biaya, keandalan dan kinerja pada desain proyek Pembangunan Jembatan Sungai Betung I Propinsi Kalimantan Selatan.

b. Menentukan Latar Belakang

Latar Belakang dari penelitian ini adalah adanya kebutuhan Pembangunan Jembatan Sungai Betung I Propinsi Kalimantan Selatan, namun ada keterbatasan sarana prasarana, adanya upaya mengatasi keterbatasan sumber daya dengan penghematan biaya, serta mempertahankan fungsi dan nilai pada desain dengan menggunakan penerapan rekayasa nilai.

c. Menentukan permasalahan dan Tujuan

Permasalahan yang ingin dicari jawabannya dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan penerapan rekayasa nilai pada proyek Pembangunan Jembatan Sungai Betung I Propinsi Kalimantan Selatan dan beberapa penghematan biaya yang diperoleh dari penerapan rekayasa nilai tersebut. Adapun jawaban-jawaban dari permasalahan ini merupakan tujuan penelitian.

d. Mengumpulan Data

Yang dilakukan dalam tahap ini adalah mengumpulkan data-data sekunder dan melakukan studi pustaka. Data-data sekunder terdiri atas rencana kerja dan sayarat, rencana anggaran biaya, penjadwalan proyek dan metode pelaksanaan proyek.

e. Melakukan Penerapan rekayasa nilai menurut metode rekayasa nilai Dell 'Isola, yang meliputi:

1. Tahap Informasi

Dalam tahap ini dilakukan:

- Identifikasi biaya tinggi menggunakan Breakdown analisa dan grafik Pareto.

- Analisa fungsi untuk memperoleh item-item dengan biaya yang tidak diperlukan.

2. Tahap kreatif

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan sebanyak mungkin alternatif-alternatif dan memberi catatan penilaian untung-rugi. Metode yang dilakukan adalah dengan jalan brainstorming dengan dosen pembimbing dan pihak proyek.

3. Tahap Analisa

Dalam tahap ini dilakukan analisa terhadap alternatif-alternatif yang telah didapat dalam tahap kreatif. Adapun jenis analisa yang dilakukan adalah:

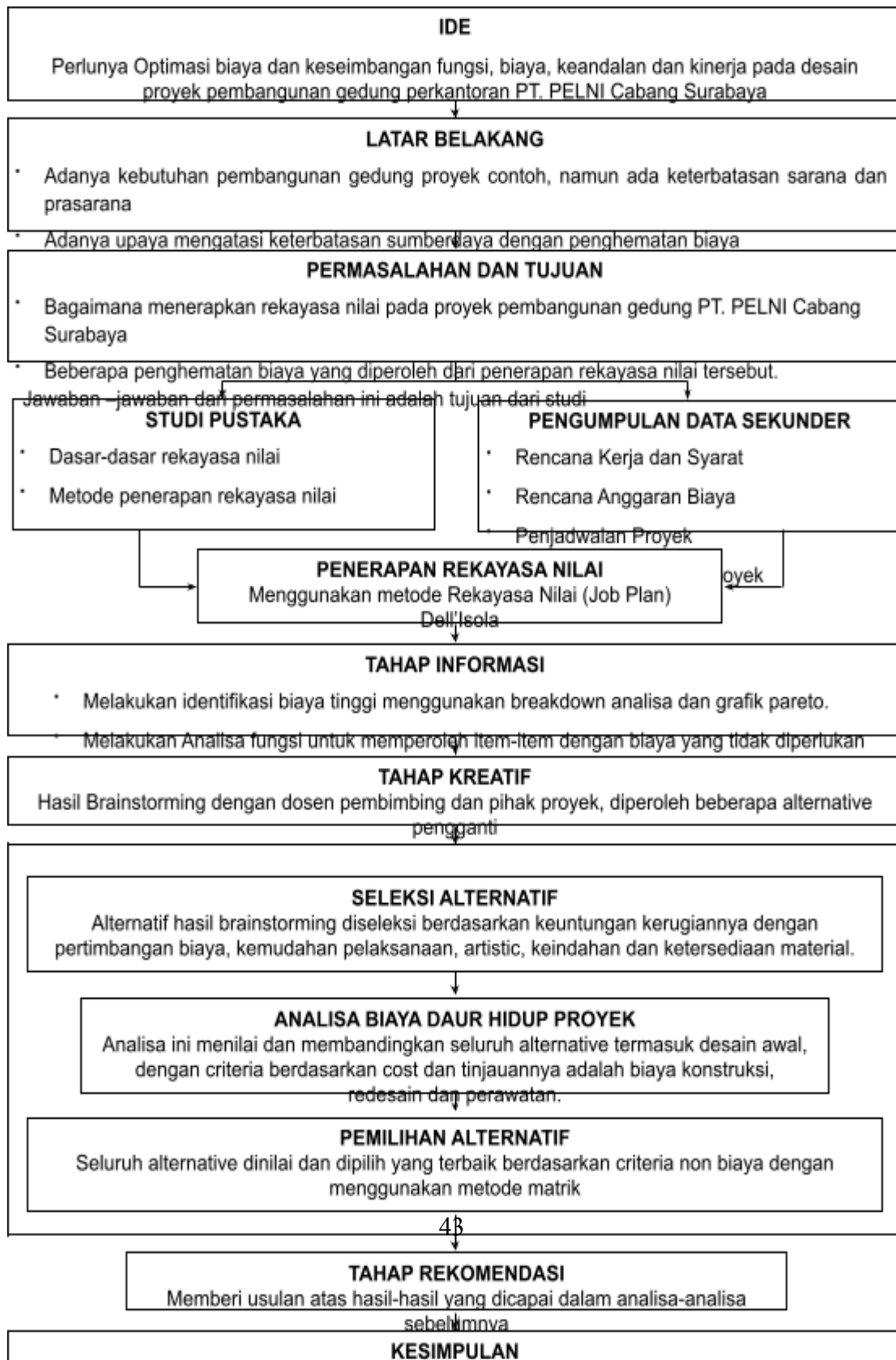
- Analisa keuntungan dan kerugian
Alternatif hasil brainstorming diseleksi berdasarkan keuntungan kerugiannya dengan pertimbangan biaya, kemudahan pelaksanaan, artistik, keindahan dan ketersediaan material.
- Analisa Biaya Daur Hidup Proyek
Analisa ini menilai dan membandingkan seluruh alternatif termasuk desain awal, dengan kriteria berdasarkan cost dan atinjauannya adalah biaya konstruksi, redesain dan perawatan.
- Analisa Pemilihan Alternatif
Seluruh alternatif dinilai dan dipilih yang terbaik berdasarkan kriteria non biaya dengan menggunakan metode matrik.

4. Tahap Rekomendasi

Tahap rekomendasi berisi usulan atas hasil yang dicapai dalam analisa-analisa sebelumnya. Isi dari rekomendasi adalah deskripsi desain awal, desain usulan dan besarnya penghematan.

- f. Memberi kesimpulan atas hasil-hasil yang telah dicapai dalam studi ini

Langkah-langkah tersebut dapat pula dibaca pada flow chart di bawah ini:



BAB IV
PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN JEMBATAN SUNGAI BETUNG I
PROPINSI KALIMANTAN SELATAN

Studi rekayasa nilai yang dilakukan untuk proyek Pembangunan Jembatan Sungai Betung I dibuat melalui beberapa fase/tahapan sebagaimana berikut :

- Fase/Tahap Informasi
- Fase/Tahap Kreatif/Spekulasi
- Fase/Tahap Analisis
- Fase/Tahap Pengembangan
- Fase/Tahap Rekomendasi

Uraian tiap-tiap tahapan akan dibahas satu persatu sesuai urutan di atas adalah sebagai berikut :

4.1 Fase/Tahap Informasi

4.1.1 Data Umum

Nama Proyek	: Pembangunan Jembatan Sungai Betung I Kalimantan Selatan
Pemberi Tugas	: Dinas Kimpraswil Prop. Kalimantan Selatan
Kontraktor	: PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
Konsultan Pengawas	: PT. Herda Carter Indonesia

Konsultan Perencana	: PT. Herda Carter Indonesia
Lokasi	: 035/STA. 226+340 Ruas jalan Sebamban-Pagatan
Bentuk Bangunan	: Jembatan Bentang 20 m, Kelas A
Engineer Estimate	: Rp. 1.859.932.361,24
Sumber Dana	: APBN

4.1.2 Data Teknis

- Pondasi :

Tiang pancang pipa baja, 16 titik ($\varnothing = 400$ mm, tebal 12 mm) diisi beton 22,50 MPa.

- Bangunan Atas :

Konstruksi komposit (balok girder baja dan pelat lantai beton mutu 35 MPa).

- Bangunan Bawah :

Konstruksi abutment (konstruksi beton bertulang mutu 22,50 MPa).

4.1.3 Fungsi Bangunan

- Lantai Kendaraan

Untuk lalu lintas kendaraan.

- Trotoar

Untuk lalu lintas pejalan kaki.

- Sandaran

Untuk mengamankan kendaraan dan pejalan kaki agar tidak keluar dari jembatan.

- Oprit

Sebagai jalan penghubung antara ruas jalan dengan jembatan.

4.1.4 Peraturan-Peraturan Pekerjaan Struktur

- Pedoman Beton 1989
- Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SK. SNI T – 15 – 1991 – 03
- Pedoman Perencanaan Pengembangan Jembatan Jalan Raya, SKBI – 1.3.28. 1987
- Australian Institute of Steel Construction (AISC Code)
- Bridge Management System 1992 (BMS 1992)
- Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI) 1982
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971
- Peraturan Portland Cement Indonesia 1972
- ASTM C-150, Specification for Portland Cement
- ASTM C-33, Standard Specification for Concrete Aggregate
- Peraturan Pembangunan Pemerintah Daerah Setempat
- ASTM – American Society for Testing and Material
- ACI – American Concrete Institute
- SII 0013-81, Mutu dan Cara Uji Semen Portland
- SII 0052-80, Mutu dan Cara Uji Agregat Beton

- SII 0136-84, Baja Tulangan Beton
- SII 0784-83, Jaringan Kawat Baja Las untuk Tulangan Beton

4.1.5 Gambaran Umum

Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Betung I merupakan penggantian dari jembatan boxculvert yang sudah tidak sesuai lagi dengan kemampuan layanan terhadap frekwensi dan beban lalu lintas yang melewatinya. Jembatan tersebut berada pada Ruas Sebampan-Pagatan STA 226+340, diruas jalan negara yang menghubungkan antara kota-kota di Kabupaten tanah laut ke ibukota propinsi Kalimantan Selatan, Banjarmasin. Ruas jalan tersebut merupakan lintas ekonomi yang sangat vital.. Mengingat begitu pentingnya, sehingga keberadaan jembatan tersebut sangat diperlukan dalam keadaan normal, kuat dan stabil.

4.1.6 Elemen-Elemen Desain

Pada proyek ini elemen-elemen desain meliputi :

1. Pekerjaan
 - a. Mobilisasi
 - b. Pondasi
 - c. Bangunan Atas (balok pelat komposit)
 - d. Bangunan Bawah (struktur abutment)
 - e. Oprit
 - f. Pekerjaan lain-lain

4.1.7 Kendala-Kendala Konstruksi

Proyek ini terletak di ruas jalan negara yang lalu lintasnya cukup ramai, sehingga kegiatan pembangunannya tidak boleh mengganggu lancarnya arus lalu lintas yang ada. Untuk menjaga agar arus lalu lintas masih berfungsi, maka diperlukan pengaturan lalu lintas dan memerlukan penyediaan jembatan darurat.

4.1.8 Bagian Konstruksi yang Dilakukan Value Engineering

Untuk menentukan item-item yang akan dilakukan value engineering digunakan metoda "Breakdown Analisis", sehingga dapat dilihat urutan pekerjaan yang memerlukan biaya yang paling besar sampai urutan biaya yang paling kecil.

Tabel 4.1. Urutan Pekerjaan dari Biaya paling Besar
Sampai yang terkecil

No. Item	Pekerjaan	Biaya (Rp)
1	Bangunan Atas	801.737.487,24
2	Pondasi	665.543.164,-
3	Bangunan Bawah	336.915.444,-
4	Mobilisasi	32.500.000,-
5	Oprit	21.108.010,-
6	Pekerjaan Lain-lain	2.128.256,-
Total (Rp)		1.859.932.361,24

Menurut hukum Pareto 20 % item yang terpilih harus mempunyai total cost 80 % dari total biaya, maka total item = 6 maka $20\% \times 6 = 1.2 \approx 2$ item atau tambahannya untuk memenuhi 80 % biaya total.

Tabel 4.2. Item-item yang terpilih adalah :

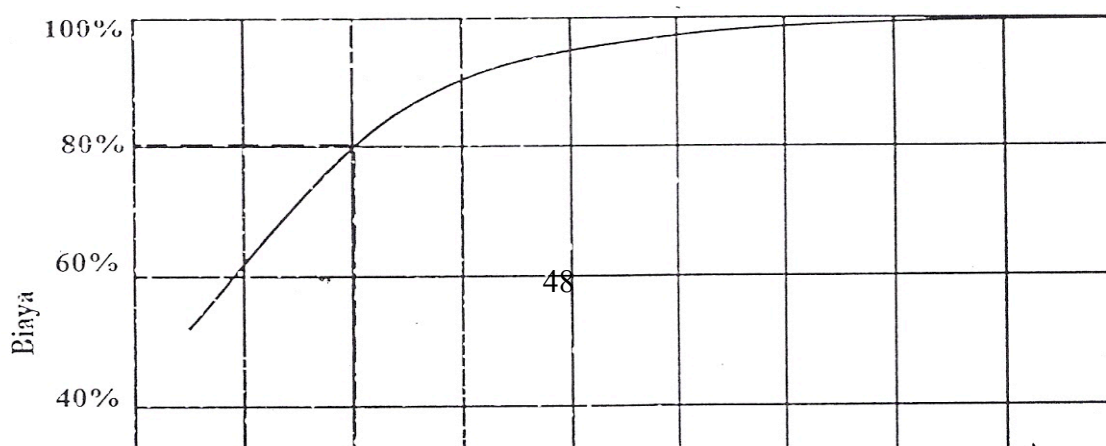
No. Item	Pekerjaan	Biaya (Rp)
1	Pondasi	665.543.164
2	Bangunan Atas	801.737.487,24
Total biaya item terpilih (Rp)		1.467.280.651,24

Prosentase total biaya untuk 20% item terpilih :

$$= \frac{1.467.280.651,24}{1.859.932.361,24} = 79\% \approx 80\%$$

Maka kedua item diatas memenuhi syarat untuk dilakukan Value Engineering.

PARETTO DIAGRAM ITEM VE



□ **Kriteria Desain**

a. **Pondasi**

Pondasi harus mampu menahan beban yang dipikulnya yaitu :

- | | | |
|---------------|---|---|
| Beban Primer | : | - Beban mati (berat sendiri)
- Beban hidup (beban “T” dan “D”)
- Beban Kejut
- Gaya akibat tekanan tanah |
| Beban Skunder | : | - Beban angin
- Gaya akibat perbedaan suhu
- Gaya rangkai dan susut
- Gaya rem
- Gaya akibat gempa bumi
- Gaya gesek akibat tumpuan bergerak |
| Beban Khusus | : | - Gaya sentrifugal
- Gaya tumbuk pada jembatan layang
- Beban dan gaya selama pelaksanaan
- Gaya akibat aliran air dan tumbukan benda
lanjutan
- Gaya angkat |

Bahan Pondasi

Tiang pancang pipa baja diameter 400 mm, tebal 12 mm, isi tiang pancang beton mutu 22,50 MPa dengan baja tulangan mutu BJTP 24 terdiri dari 8 ϕ 25 dan spiral ϕ 10-200.

Daya Tanah

Dari dua titik sondir dan satu titik pemboran tanah di dapat :

Tabel 4.3. Sondir 1

Kedalaman (meter)	Jenis Tanah	Keterangan
0.00 – 0.60	Lempung sangat lunak	
0.60 – 4.30	Lempung agak kenyal	
4.30 – 8.80	Lempung atau lempung kelanauan agak kenyal	
8.80 – 13.40	Lempung padat atau kerikil kelempungan	
16.20 kebawah	Tanah keras biasa berupa pasir padat	

Tabel 4.4. Sondir 2

Kedalaman (meter)	Jenis Tanah	Keterangan
0.00 – 0.50	Lempung sangat lunak	
0.50 – 5.00	Lempung agak kenyal	
5.00 – 8.50	Lempung atau lempung kelanauan agak kenyal	
8.50 – 14.00	Lempung padat atau kerikil kelempungan	
16.00 kebawah	Tanah keras (pasir padat)	

Tabel 2.5. Hasil Pengeboran / Deskripsi Tanah

Kedalaman (meter)	Deskripsi tanah secara visual	N spt	Keterangan
0.00 – 0.50	Laterit / Lempung merah		Tanah Urug
0.50 – 1.00	Lempung lembek abu-abu	5	
1.00 – 5.00	Lempung lembek abu-abu		
5.00 – 16.00	Lempung kenyal abu-abu	> 50	
16.00 ke bawah	Pasir halus abu-abu	> 50	

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Laboratorium, Klasifikasi Tanah

No.Bor	Kedalaman (meter)	LL (%)	PI (%)	Klasifikasi
1	0.50 – 1.00	52.40	15.84	OH
	1.00 – 5.00	38.00	13.77	OH
	5.00 – 16.00	65.25	22.41	OH
	16.00 kebawah	-	-	Non Plastis

Tabel 4.7. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas, Klasifikasi Tanah

No.Bor	Kedalaman (meter)	Qu (Kg/cm ²)	Konsistensi	Keterangan
1	0.00 – 10.00	0.178	Lempung sangat lunak	
	10.00 – 15.00	0.090	Lempung sangat lunak	

Tabel 4.8. Sensitifitas Tanah, Klasifikasi Tanah

No.Bor	Kedalaman (meter)	Qu (Kg/cm ²)	Konsistensi	Keterangan
1	0.50 – 1.00	1.61	Normal	
	1.00 – 5.00	1.316	Normal	
	5.00 – 16.00	1.360	Normal	
	16.00 kebawah	1.365	Normal	

Tabel 4.9. Nilai Kuat Geser dan Sudut Geser Dalam

No. Bor	Kedalaman (meter)	C (kg/cm ²)	ϕ°
1	0.50 – 1.00	0,005	2
	1.00 – 5.00	0,20*	0**
	5.00 – 16.00	3,00*	30 – 45**

* = perkiraan berdasarkan data sondir

** = perkiraan berdasarkan SPT

Tabel 4.10. Konsolidasi Tanah, Hasil Percobaan Laboratorium Tanah

No. Bor	Kedalaman (meter)	Cc	Cv x 10 ⁻⁴ (cm/det ²)
1	0.50 – 1.00	0,941	18,54
	1.00 – 5.00	0,856*	10,91
	5.00 – 16.00	0,856*	10,91

Kesimpulan Penyelidikan Tanah

- Lapisan tanah permukaan (0,50 – 1,00) m adalah laterit / lempung merah, lapisan (1,00 – 5,00) m adalah lempung lembek abu-abu.
- Tanah keras sebagai pendukung pondasi letaknya 16.00 m dari muka tanah dengan :
 - Data boring ($N_{SPT} > 50$), nilai konus dari data sondir $\approx 250 \text{ kg/cm}^2$
 - Beban kerja maximum pada satu tiang pancang = 60,178 ton.
 - Daya dukung izin pondasi tiang pancang = 62,832 ton.

b. Bangunan Bawah

Struktur abutment dapat berbentuk pile cap bisa juga berbentuk dinding penuh, yaitu terbuat dari beton bertulang dengan mutu beton K-225 dan tulangan BJTP 24. Kesemuanya ini harus mampu menahan beban-beban seperti dibawah ini :

1. Beban mati (termasuk berat sendiri struktur)
2. Beban hidup
3. Beban angin
4. Beban gempa
5. Beban kombinasi dari (1 s/d 4)

c. Bangunan Atas

Struktur balok dan lantai merupakan komposit, yaitu grider baja dengan pelat beton bertulang tebal 20 cm, pelat beton dengan mutu K-350 dan baja

tulangan polos (BJTP 32). Kesemuanya itu harus mampu menahan beban-beban seperti dibawah ini :

1. Beban mati (termasuk berat sendiri struktur)
2. Beban hidup (beban lalu lintas)
 - Desain lantai dari beban "T"
 - Beban roda ganda (dual wheel load) = 10 ton
 - Desain balok /grider dari beban "D"
 - Beban terbagi rata "q" per meter panjang perjalur = 2,2 ton/m dan beban "P" perjalur lalu lintas = 12 ton.

4.1.9 Model Biaya Rancangan Awal

PROYEK : PEMBANGUNAN JEMBATAN SEI. BETUNG I
 BANGUNAN ATAS : GIRDER KOMPOSIT BAJA BETON
 BENTANG : 20 M

MOBILISASI

MATA PEM BAYARAN	URAIAN	SATUAN	VOLUME	HRG SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
1.2	Mobilisasi	Ls		32.500.000	32.500.000
SUB TOTAL HARGA, MOBILISASI					32.500.000

OPRIT

MATA PEMBAYARAN	URAIAN	SATUAN	VOLUME	HRG SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
3.1(3)	Galian Konstruksi Pada Keda-laman 0 m s/d 2 m	M ³	112	28.400	3.180.800,-
3.1(4)	Galian Konstruksi Pada Keda-laman 2 m s/d 4 m	M ³	2,8	30.200	84.560,-
3.2(2)	Urugan Pilihan	M ²	60	93.000	5.580.000,-
7.9	Pasangan Batu Kali	M ³	15.45	561.000	8.667.450,-
7.6(1)	Pondasi cerucuk dan pemancangan	M'	449.40	8.000	3.595.200,-
SUB TOTAL HARGA, OPRIT					21.108.010,-

BANGUNAN ATAS

MATA PEM BAYARAN	URAIAN	SATUAN	VOLUME	HRG SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
8.01(1)	Beton Klas K-350 pada Elevasi	M ³	62,68	1.350.000	84.618.000,-
8.04(5)	Material Bangunan Atas Jembatan, Steel Plate Girder	Kg	24.812	21.800	540.901.600,-
8.04(7)	Pemasangan Lengkap Bangunan Atas Steel Plate Girder	Kg	24.812	2.026,77	50.288.217,24
8.03	Pembesian	Kg	8.902,30	11.600	103.266.680,-
8.02(1)	Pabrikasi dan Pemasangan Baja, Bangunan, Teg. Leleh 25 kg/mm ²	Kg	1.730	13.100	22.663.000,-
SUB TOTAL HARGA, BANGUNAN ATAS					801.737.487,24

PONDASI

MATA PEM BAYARAN	URAIAN	SATUAN	VOLUME	HRG SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
5	Tiang Pancang Pipa Baja ø 400 mm	Kg	33.606,4	15.000	504.096.000,-
	Tiang Pancang Pipa Baja dengan ø 400 mm, Pemancangan	M'	284,80	185.000	52.688.000,-
	Pembesian	Kg	4.841,89	11.600	56.165.924,-
	Beton Klas K-225 pada Pondasi	M ³	43,18	1.218.000	52.593.240,-
SUB TOTAL HARGA, PONDASI					665.543.164,-

BANGUNAN BAWAH

MATA PEM BAYARAN	URAIAN	SATUAN	VOLUME	HRG SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
7.1(5)	Beton K-250	M ³	117,32	1.218.000	142.895.700,-
7.3(1)	Pembesian	Kg	16.725,84	11.600	194.019.744,-
SUB TOTAL HARGA, PEKERJAAN LAIN-LAIN					336.915.444,-

PEKERJAAN LAIN-LAIN

MATA PEM BAYARAN	URAIAN	SATUAN	VOLUME	HRG SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
7.15(2)	Pembongkaran Box Culvert	M ³	25,18	83.200	2.128.256,-
SUB TOTAL HARGA, PEKERJAAN LAIN-LAIN					2.128.256,-

REKAPITULASI

U R A I A N	TOTAL HARGA (Rp)
PEKERJAAN BANGUNAN ATAS	801.737.487,24
PONDASI	665.543.164,-
PEKERJAAN BANGUNAN BAWAH	336.915.444,-
MOBILISASI	32.500.000,-
OPRIT	21.108.010,-
PEKERJAAN LAIN-LAIN	2.128.256,-
TOTAL HARGA PEKERJAAN JEMBATAN	1.859.932.361,24
DIBULATKAN	1.859.932.400,-

TERBILANG : SATU MILYAR DELAPAN RATUS LIMA PULUH SEMBILAN
JUTA SEMBILAN RATUS TIGA PULUH DUA RIBU EMPAT RATUS RUPIAH

4.1.10 Lembar Kerja Tahap Informasi

Diagram FAST (Functional Analysis Sistem Technique)

Item : Pondasi

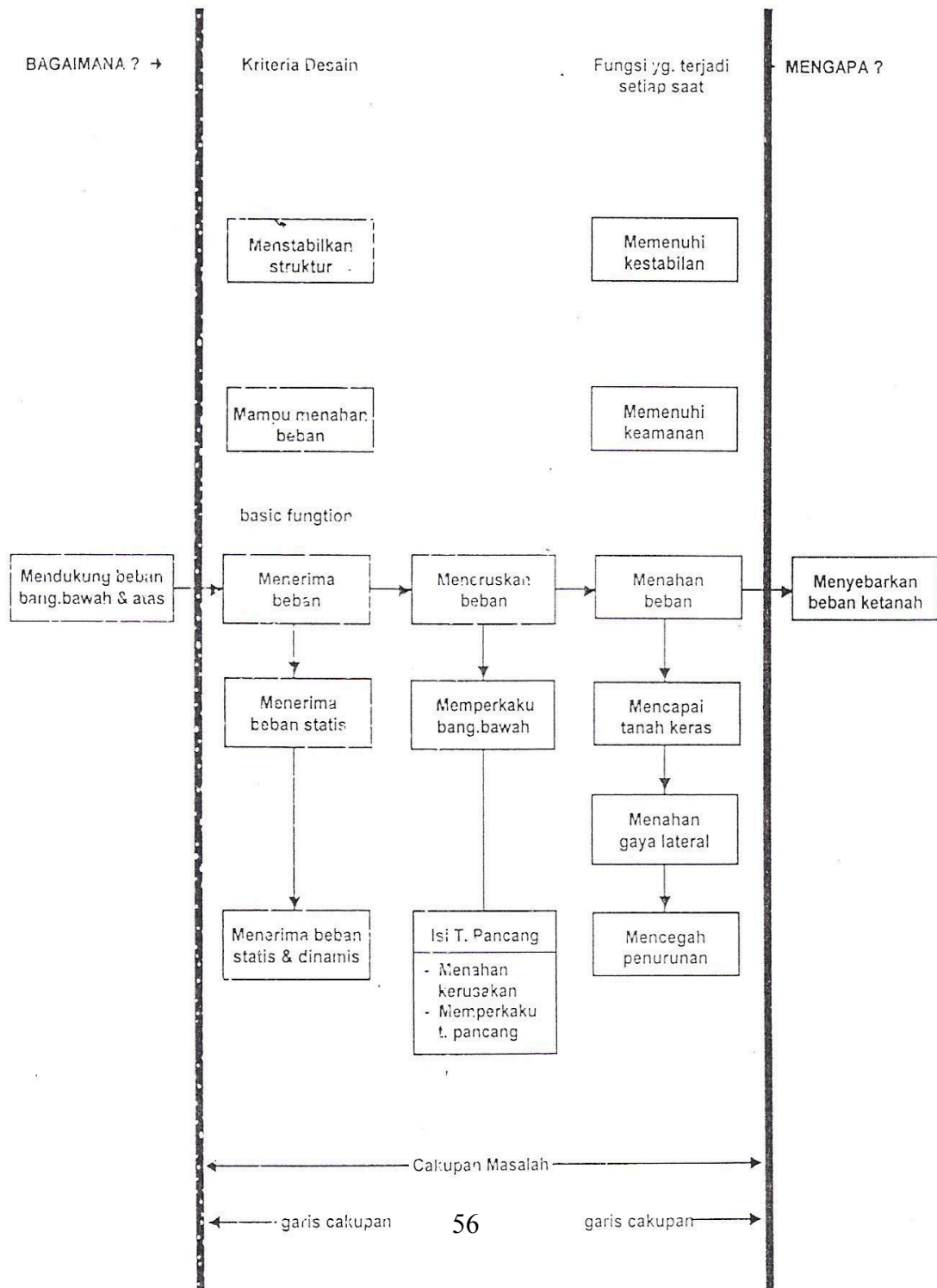


Diagram FAST untuk Pondasi

Item : Bangunan Atas

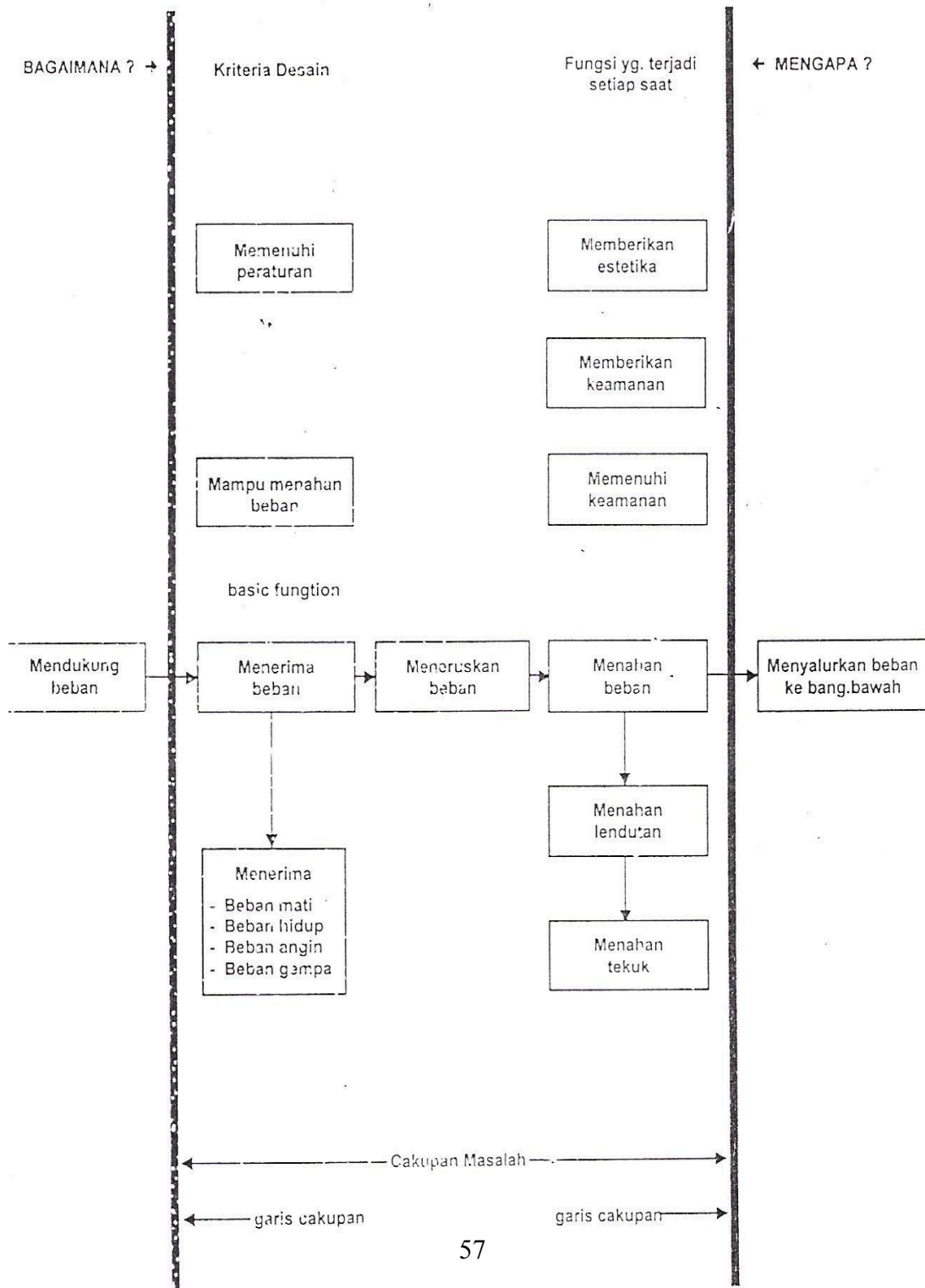


Diagram FAST untuk Bangunan Atas
Analisis Fungsi (Sistem Analisis Fungsional)

Tabel 4.11. Item Pondasi

Deskripsi	Fungsi			Cost Rp. (10 ³)	Worth Rp. (10 ³)	Ket
	Kata Kerja	Kata Benda	Jenis			
Tiang Pancang	Mendukung	Beban	B	504.096.000,-	504.096.000,-	
	Meneruskan	Beban	B			
	Menahan	Beban	B			
	Menahan	Gaya Lateral	B			
	Mencegah	Penurunan	B			
	Memperkaku	Bang. Bawah	B			
Isi Tiang Pancang	Memperkaku	T. Pancang	S	108.759.164,-		
	Menahan	Kerusakan	S			
Total				665.543.164,-	504.096.000,-	
Ratio Cost / Worth = $\frac{665.543.164}{504.096.000} = 1,32$						

Tabel 4.12. Item Bangunan Atas (girder komposit)

Deskripsi	Fungsi			Cost Rp. (10 ³)	Worth Rp. (10 ³)	Ket
	Kata Kerja	Kata Benda	Jenis			
Girder Komposit	Menerima	Beban	B	801.737.487,24	801.737.487,24	
	Meneruskan	Beban	B			
	Menahan	Beban	B			
	Menahan	Lendutan	B			
	Menahan	Tekuk	S			
Total				801.737.487,24	801.737.487,24	
Ratio Cost / Worth = $0 = 1,00$						

Identifikasi Fungsi

Tabel 4.13. Item Pondasi dan Bangunan Atas

I t e m	F u n g s i
APA YANG DILAKUKAN ?	
<ul style="list-style-type: none"> • Pondasi Mendukung 	Bang. Atas dan Bawah, Beban (mati + hidup)
<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan Atas Mendukung 	Berat sendiri dan Beban lalu lintas
Identifikasi	
<ul style="list-style-type: none"> • Adakah salah satu fungsi yang dapat dihilangkan ? 	Tidak ada
<ul style="list-style-type: none"> • Adakah bagian yang dapat dihilangkan ? 	Tidak ada (kebutuhan konstruksi)
<ul style="list-style-type: none"> • Apakah semua syarat realistik ? 	Ya
<ul style="list-style-type: none"> • Adakah alternatif lain ? 	Ada
<ul style="list-style-type: none"> • Apakah cost sebanding dengan worth yang ada ? 	Ada

Berdasarkan hasil analisis fungsi pada tabel di atas, maka item pekerjaan pondasi memiliki rasio $C/W = 1,32$ sehingga memungkinkan untuk dilakukan penghilangan fungsi sekunder. Untuk item pekerjaan bangunan atas memiliki rasio $C/W = 1$ sehingga perlu diteliti apakah nilai worth untuk balok pelat bisa lebih kecil, apabila untuk mencapai fungsinya dapat digunakan alternatif yang memenuhi semua fungsinya, tetapi lebih murah. Idealnya value engineering dilaksanakan pada item pekerjaan yang memiliki $C/W \geq 1$. Akan tetapi karena proyek penggantian jembatan Sungai Betung I didominasi oleh pekerjaan struktur yang merupakan fungsi dasar (basic function), maka value engineering bisa dilaksanakan pada komponen struktur tersebut asalkan ditemukan indikasi bahwa kegunaannya kurang menunjang nilainya atau biayanya masih kurang profesional terhadap kegunaannya. Pertimbangan ini diambil dengan dasar masih terdapat beberapa alternatif bahan yang lain yang belum

ditinjau. Biaya yang masih tidak profesional terhadap kegunaannya memungkinkan kedua komponen tersebut diteliti lebih lanjut.

4.2 Fase/Tahap Kreatif/Spekulasi

Fase ini merupakan pengumpulan/inventarisasi ide-ide kreatif yang dihasilkan sebagai alternatif-alternatif dari item-item yang akan dilakukan rekayasa nilai.

4.2.1 Ide-Ide Kreatif

- Item Pondasi

Fungsi = mendukung bangunan atas dan bangunan bawah (beban mati + hidup).

Tabel 4.14. Type-Type Pondasi

Pondasi Dangkal (Shallow Foundation)	
1. Telapak (footing)	5. Sarang laba-laba
2. Telapak sebar (spread footing)	6. Cakar ayam
3. Pelat (plate)	7. Sumuran (caisson)
4. Menerus (continuous)	8. Gasing
Pondasi Dalam (Deep Foundation)	
Tiang Pancang (Driven Pile) :	
1. Kayu (timber)	5. Profil box baja (steel box section)
2. Beton bertulang (reinforced concrete)	6. Profil H baja (steel H section)
3. Beton prategang pracetak (solid or tube of pre. prest. conc.)	7. Baja ulir (screw steel)
4. Pipa baja (steel pipe)	8. Silinder ulir (screw cylinder)
Tiang Bor (Bored Pile) :	
1. Percussion bored, concrete in situ	3. Rotary bored, concrete in situ
2. Flush bored, concrete in situ	4. Injection micro, concrete in situ

- Item Bangunan Atas

Struktur pendukung utama, fungsi = mendukung berat sendiri dan lalu lintas.

Pada jembatan, bangunan atas merupakan satu kesatuan antara lantai dan balok.

Tabel 4.15. Type-Type Bangunan Atas

1. Rangka kayu (timber frame)	6. Komposit kayu beton (conc. timber comp.)
2. Struktur kayu (timber structure)	7. Rangka beton (concrete frame)
3. Rangka baja (steel frame)	8. Gelagar box baja (steel box girder)
4. Gelagar box beton (conc. box girder)	9. Gantung baja (steel suspension)
5. Komposit baja beton (conc. steel comp.)	10. Box baja (steel box)
11. Struktur baja (steel structure)	12. Pelat beton (concrete plate)
13. Untaian kabel (cable stayed)	
14. Gelagar box beton prategang (prest. conc. box girder)	
15. Struktur beton konvensional, balok T (conc. struc. T beam)	
16. Struktur beton prategang (pre. or cast in situ of pres. conc. struc.)	
17. Pelengkung box beton prategang (pres. conc. box arch)	
18. Pelengkung beton bertulang (reinf. concrete arch)	

Keterangan :

conc = concrete ; comp = komposit ; pres = prestressed ; conv = konvensional ;
 struc = structure ; pre = precast ; reinf = reinforced

4.3 Fase/Tahap Analisis

Pada tahap ini semua alternatif-alternatif yang dihasilkan pada tahap kreatif/spekulasi. Lembar kerja dalam tahap ini adalah sebagai berikut :

4.3.1 Lembar Kerja Analisis Keuntungan dan Kerugian

Lembar kerja ini digunakan untuk membandingkan alternatif-alternatif ide kreatif dari segi keuntungan dan kerugiannya terhadap beberapa kriteria. Penilaian Tim didasarkan atas tingkat pengaruhnya terhadap biaya sistem secara keseluruhan. Dalam memberikan nilai pada kriteria yang ditinjau, tentukan nilai salah satu kriteria, kemudian tentukan kriteria lainnya secara relatif terhadap kriteria tersebut. Untuk kriteria biaya murah tim memberi nilai maksimum 4, kemudian untuk kriteria lainnya secara keseluruhan, namun secara relatif tim memberi nilai maksimum

sebagai berikut :

Tabel 4.16. Type-Type Bangunan Atas

Kriteria	Skala Penilaian
1. Biaya awal	3
2. Daya dukung	2
3. Biaya pemeliharaan	1
4. Waktu pelaksanaan	1
5. Pelaksanaan konstruksi	1
6. Keawetan	1
7. Pabrikasi	0.5
8. Homogenitas	0.5

Kriteria biaya awal diberi bobot paling tinggi yaitu 3, hal ini didasarkan pada tujuan penerapan value engineering, yaitu untuk mendapatkan alternatif yang paling ekonomis tetapi memberikan fungsi yang sama. Kriteria daya dukung diberi bobot 2 karena daya dukung dianggap lebih penting daripada kriteria lain dibawahnya. Sedangkan bobot kriteria paling rendah adalah 0,5.

Skala penilaian untuk bangunan atas lebih sedikit karena skala fungsinya lebih rendah dibandingkan dengan skala fungsi pondasi. Kriteria biaya awal tetap diberi bobot 3, sedangkan bobot kriteria terkecil adalah 1.

Tabel 4.17. Skala Penilaian Pemberian Bobot untuk Item Bangunan Atas

Kriteria	Skala Penilaian
1. Biaya awal	3
2. Beban layan	2
3. Biaya pemeliharaan	1
4. Waktu pelaksanaan	1
5. Pelaksanaan konstruksi	1
6. Pabrikasi	1

4.3.2 Lembar Kerja Analisis Tingkat Kelayakan

Kriteria untuk penilaian didalam lembar kerja analisis kelayakan ini terdiri dari :

- a. Penggunaan Teknologi
 - Teknologi yang digunakan sudah biasa (proven) atau belum.
 - Peralatan dan personil yang digunakan di lapangan atau di pabrik.
 Penilaian berkisar dari 0 (teknologi baru) sampai 10 (untuk teknologi biasa).
- b. Biaya Pengembangan
 - Biaya perancangan kembali.
 - Biaya pemesanan kembali.
 Penilaian berkisar dari 10 sampai 0.
- c. Kemungkinan Implementasi

- Diterima oleh pemilik proyek.
- Diproduksi di pabrik.
- Dilaksanakan di lapangan.

Penilaian juga berkisar dari 10 sampai 0.

d. Waktu Implementasi

Berkaitan dengan :

- Waktu perancangan kembali.
- Waktu pemesanan kembali.
- Waktu pelaksanaan dilapangan atau
- Waktu pembuatan di pabrik.

Penilaian berkisar dari 10 sampai 0.

e. Keuntungan Biaya Potensial

Berkaitan dengan :

- Penghematan biaya awal.
- Penghematan biaya siklus hidup.

Nilai berkisar dari 10 sampai 0.

Cara memberikan nilai untuk masing-masing kriteria tersebut dilakukan melalui diskusi-diskusi oleh anggota tim.

4.3.3 Lembar Kerja Analisis Matrik

Kriteria pada tahap ini merupakan saringan dari banyak kriteria yang telah didiskusikan tim. Kriteria dalam lembar kerja analisis matrik ini adalah sebagai berikut :

a. Keamanan/Kekakuan

Berkaitan dengan :

- Keamanan struktural/daya dukung.
- Keamanan teknis pelaksanaan.

b. Biaya

Berkaitan dengan :

- Penghematan biaya awal.
- Penghematan biaya operasional.
- Penghematan biaya perawatan.

c. Cara Pelaksanaan

Berkaitan dengan :

- Teknologi yang diterapkan
- Penempatan
- Pabrikasi

d. Pengawasan Mutu

Berkaitan dengan :

- Kemudahan dalam pengawasan mutu.
- Kemudahan dalam pengendalian mutu.

e. Pengadaan Bahan

Berkaitan dengan :

- Kemudahan dalam pemesanan dan pembelian.
- Penyediaan peralatan dan personil.

f. Waktu Pelaksanaan

Berkitan dengan :

- Waktu selama di pabrik jika ada.
- Waktu pelaksanaan di lapangan.

Kriteria dalam tahap ini diberi bobot berdasarkan besarnya pengaruh terhadap biaya sistem perumahan secara keseluruhan, waktu pelaksanaan dan hasil diskusi owner. Besarnya bobot berkisar antara 10 sampai 0. Sedangkan skala penilaian tiap kriteria terhadap tiap alternatif diberikan nilai antar 1-4, yang mempunyai arti nilai :

- 1 = rendah (poor)
- 2 = wajar (fair)
- 3 = baik (good)
- 4 = baik sekali (excellent)

Cara penilaiannya dilakukan melalui diskusi-diskusi oleh anggota tim. Lembar kerja dalam fase ini adalah sebagai berikut :

Analisis ide-ide kreatif (tahap analisis)

• Analisis keuntungan kerugian

Item Pondasi

Tabel 4.18. Type-Type Analisis keuntungan dan kerugian dari tipe-tipe pondasi

No Item	Tahap Kreatif Ide-Ide Kreatif Pondasi Dangkal (Shallow Foundation)	Tahap Analisis				Nilai
		Keuntungan		Kerugian		
1	Telapak	- Biaya awal kecil	3	- Beban layan kecil	-2	0
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lama	-1	
		- Awet	1	- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Tidak homogen	-0,5	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
2	Telapak sebar	- Biaya awak kecil	3	- Beban layan kecil	-2	0
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lama	-1	
		- Awet	1	- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Tidak homogen	-0,5	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
3	Pelat	- Biaya awak kecil	3	- Beban layan kecil	-2	0
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lama	-1	
		- Awet	1	- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Tidak homogen	-0,5	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
4	Menerus	- Biaya awak kecil	3	- Beban layan kecil	-2	0
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lama	-1	
		- Awet	1	- Tidak pabrikasi	-0,5	

				- Tidak homogen - Pelaksanaan sulit	-0,5 -1	
5	Sarang laba-laba	- Biaya awak kecil - Tanpa biaya pemeliharaan - Awet	3 1 1	- Beban layan kecil - Waktu pelaksanaan lama - Tidak pabriksi - Tidak homogen - Pelaksanaan sulit	-2 -1 -0,5 -0,5 -1	0
6	Cakar ayam	- Biaya awak kecil - Tanpa biaya pemeliharaan - Awet	3 1 1	- Beban layan kecil - Waktu pelaksanaan lama - Tidak pabriksi - Tidak homogen - Pelaksanaan sulit	-2 -1 -0,5 -0,5 -1	0
7	Sumuran	- Biaya awak kecil - Tanpa biaya pemeliharaan - Awet	3 1 1	- Beban layan kecil - Waktu pelaksanaan lama - Tidak pabriksi - Tidak homogen - Pelaksanaan sulit	-2 -1 -0,5 -0,5 -1	0
8	Gasing	- Biaya awak kecil - Tanpa biaya pemeliharaan - Awet	3 1 1	- Beban layan kecil - Waktu pelaksanaan lama - Tidak pabriksi - Tidak homogen - Pelaksanaan sulit	-2 -1 -0,5 -0,5 -1	0
Tiang pancang (Driven Pile)		Keuntungan		Kerugian		Nilai
1	Kayu	- Biaya awak kecil - Tanpa biaya pemeliharaan - Waktu pelaksanaan cepat - Pelaksanaan mudah	3 1 1 1	- Beban layan kecil - Tidak awet - Tidak homogen - Tidak pabriksi	-2 -1 -0,5 -0,5	0
2	Beton bertulang	- Biaya awak kecil - Beban layan besar - Tanpa biaya pemeliharaan - Awet	3 2 1 1	- Pelaksanaan sulit - Tidak homogen - Tidak pabriksi - Waktu pelaksanaan lambat	-1 -0,5 -0,5 -1	3
3	Beton prategang pracetak	- Biaya awak kecil - Beban layan besar - Waktu pelaksanaan cepat - Tanpa biaya pemeliharaan - Awet	3 2 1 1 1	- Pelaksanaan sulit	-1	5
		- Pabriksi - Homogen	0,5 0,5			

4	Pipa baja	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-1
		- Waktu pelaksanaan cepat	1	- Pelaksanaan sulit	-1	
		- Awet	1	- Biaya pemeliharaan besar	-1	
		- Pabrikasi	0,5			
		- Homogen	0,5			
5	Profil box baja	- Waktu pelaksanaan cepat	1	- Biaya awal besar	-3	-7,5
		- Awet	1	- Pelaksanaan sulit	-1	
		- Pabrikasi	0,5	- Beban layan kecil	-2	
		- Homogen	0,5	- Biaya pemeliharaan besar	-1	
6	Profil H baja	- Waktu pelaksanaan cepat	1	- Biaya awal besar	-3	-7,5
		- Awet	1	- Pelaksanaan sulit	-1	
		- Pabrikasi	0,5	- Beban layan kecil	-2	
		- Homogen	0,5	- Biaya pemeliharaan besar	-1	
7	Baja ulir	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-2,5
		- Awet	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
		- Pabrikasi	0,5	- Biaya pemeliharaan besar	-1	
		- Homogen	0,5			
8	Selinder ulir	- Beban layan besar	2	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	-5,5
		- Awet	1	- Biaya awal besar	-3	
		- Pabrikasi	0,5	- Pelaksanaan sulit	-1	
		- Homogen	0,5	- Biaya pemeliharaan besar	-1	
Tiang Bor (Bored Pile)		Keuntungan		Kerugian		Nilai
1	Percussion bored, concrete in situ	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-2
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Pelaksanaan sulit	-1	
		- Awet	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Tidak homogen	-0,5	
2	Fluse bored, concrete in situ	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-2
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Pelaksanaan sulit	-1	
		- Awet	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Tidak homogen	-0,5	
3	Rotary bored, concrete in situ	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-2
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Pelaksanaan sulit	-1	
		- Awet	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Tidak homogen	-0,5	
4	Injection micro, concrete in situ	- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Beban layan kecil	-2	-5,5

		- Awet	1	- Biaya awal besar	-3	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
				- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikan	-0,5	
				- Tidak homogen	-0,5	

Item Bangunan Atas

Tabel 4.19. Analisis keuntungan dan kerugian dari tipe-tipe Bangunan Atas

No Item	Tahap Kreatif Ide - Ide Kreatif	Tahap Analisis				Nilai
		Keuntungan		Kerugian		
1	Rangka kayu	- Biaya awal kecil	3	- Beban layan kecil	-2	-1,5
		- Pelaksanaan mudah	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Tidak pabrikasi	-0,5	
2	Struktur kayu	- Biaya awal kecil	3	- Beban layan kecil	-2	-3,5
		- Pelaksanaan mudah	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Biaya pemeliharaan besar	-1	
3	Rangka baja	- Pelaksanaan mudah	1	- Biaya awal besar	-3	-3
		- Beban layan besar	2	- Biaya pemeliharaan besar	-1	
		- Waktu pelaksanaan cepat	1			
		- Pabrikasi	0,5			
4	Gelagar box beton	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-5,5
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Pelaksanaan sulit	-1	
				- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikasi	-0,5	
5	Komposit baja beton	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-2,5
		- Waktu pelaksanaan cepat	1	- Biaya pemeliharaan besar	-1	
		- Pabrikasi	0,5			
		- Pelaksanaan mudah	1			
6	Komposit kayu beton	- Biaya awal kecil	3	- Beban layan kecil	-2	-3,5
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
7	Rangka beton	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-5,5
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
8	Gelagar box baja	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-5,5

		- Pabrikasi	0,5	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
9	Gantung baja	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-5,5
		- Pabrikasi	0,5	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
10	Box baja	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-5,5
		- Pabrikasi	0,5	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
11	Struktur baja	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-5,5
		- Pabrikasi	0,5	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
12	Pelat beton	- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Biaya awal besar	-3	-3,5
		- Pelaksanaan mudah	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
		- Beban layan besar	2	- Tidak pabrikasi	-0,5	
13	Untaian kabel	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-5,5
		- Pabrikasi	0,5	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
14	Gelagar box beton prategang	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-3,5
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
				- Tidak pabrikasi	-0,5	
				- Pelaksanaan sulit	-1	
15	Struktur beton konvensional, balok T	- Biaya awal murah	3	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	1,5
		- Pelaksanaan mudah	1	- Tidak pabrikasi	-0,5	
		- Beban layan besar	2			
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1			
16	Struktur beton prategang	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-3
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Pelaksanaan sulit	-1	
		- Waktu pelaksanaan lama	1			
		- Pabrikasi	0,5			
17	Pelengkung box beton prategang	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-5,5
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
		- Pabrikasi	0,5	- Pelaksanaan sulit	-1	
18	Pelengkung beton bertulang	- Beban layan besar	2	- Biaya awal besar	-3	-1,5
		- Tanpa biaya pemeliharaan	1	- Waktu pelaksanaan lambat	-1	
		- Pabrikasi	0,5	- Pelaksanaan sulit	-1	

• **Analisis Tingkat Kelayakan**

Item : Pondasi dan Bangunan Atas

Tabel 4.20. Type-Type Analisis tingkat Kelayakan

Daftar ide-ide kreatif dalam pertimbangan Kemampuan untuk memenuhi kriteria Rangking masing-masing ide dari 1-10 Untuk faktor-faktor ini	Penggunaan Teknologi 10-bisa ; 0-baru	Penggunaan Pengembangan 10-bisa ; 0-baru	Kemungkinan Implementasi 10-100% ; 0-0%	Waktu Implementasi 10-singkat ; 0-lama	Keuntungan Biaya Potensial 10-besar ; 0-kecil	Total
Item Pondasi						
1. Tiang beton prategang/pracetak	9	9	9	8	8	43
2. Tiang beton bertulang	8	7	9	7	9	40
3. Tiang pipa baja	9	9	7	8	3	36
4. Tiang kayu	9	5	3	5	9	31
Item Bangunan Atas						
1. Struktur beton konvensional, balok T	9	8	9	8	9	44
2. Komposit baja	9	8	9	9	5	40
3. Rangka baja	9	8	7	8	3	33
4. Struktur beton prategang	7	5	6	9	5	32
5. Rangka kayu	9	5	4	5	7	30

Berfungsi untuk menilai tingkat kelayakan dari ide-ide kreatif berdasarkan kemampuannya memenuhi kriteria yang diajukan, disini dipilih yang mempunyai nilai positif.

- **Analisis Matrik Evaluasi**

Item : Pondasi dan Bangunan Atas

Metoda Zero One merupakan salah satu metoda yang digunakan untuk memberikan angka pembobotan kriteria-kriteria yang ditetapkan pada analisis matrik.

Tabel 4.21. Type-Type Analisis tingkat Kelayakan

*) Keterangan elemen matrik zero one x = untuk kriteria yang sama penting 1 = untuk kriteria yang lebih penting 0 = untuk kriteria yang kurang penting					**) Keterangan bobot yang diberikan 10 = paling penting 1 = paling tidak penting					
Item Pondasi										
		A	B	C	D	E	F	Total	Rank	Bobot
Keamanan/ Kekakuan	A	x	x	1	1	1	1	4	1	9
Biaya	B	x	x	1	1	1	1	4	1	9
Cara pelaksanaan	C	0	0	X	0	x	1	1	3	5
Pengawasan mutu	D	0	0	1	x	1	1	3	2	7
Pengadaan bahan	E	0	x	X	0	x	x	0	4	3
Waktu pelaksanaan	F	0	0	0	0	x	x	0	4	3
Item Bangunan Atas										
		A	B	C	D	E	F	Total	Rank	Bobot
Keamanan/ Kekakuan	A	x	x	1	1	1	1	4	1	9
Biaya	B	x	x	1	1	1	1	4	1	9
Cara pelaksanaan	C	0	0	X	0	x	1	1	3	5
Pengawasan mutu	D	0	0	1	x	1	1	3	2	7
Pengadaan bahan	E	0	0	X	0	x	x	0	4	3
Waktu pelaksanaan	F	0	0	0	0	x	x	0	4	3

Tabel 4.22. Analisis Matrik Evaluasi

Pilihlah ide-ide terbaik dari alternatif-alternatif yang ada dalam tahap kreatif. Tentukan salah satu yang memenuhi kriteria dan nilai masing-masing pada matrik ini.					A = Keamanan/kekakuan B = Biaya C = Cara pelaksanaan D = Pengawasan mutu E = Pengadaan bahan F = Waktu pelaksanaan			
<u>Point penilaian:</u> Baik sekali (exelent) = 4 Baik (good) = 3 Wajar (fair) = 2 Rendah (poor) = 1								
Item Pondasi	A	B	C	D	E	F	Total	Rank
Bobot	9	9	5	7	3	3	36	
10 = sangat penting	25,00	25,00	13,89	19,44	8,33	8,33	100	
0 = paling tidak penting	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1. Tiang beton prategang pracetak	4	3	3	4	4	4		I
	36	27	15	28	12	12	130	
2. Tiang beton bertulang	3	4	3	3	4	4		II
	27	36	15	21	12	12	123	
3. Tiang pipa baja	4	2	3	4	3	3		III
	36	18	15	28	9	9	115	
4. Tiang kayu	2	4	3	3	4	3		IV
	18	36	15	21	12	9	111	
Item Pondasi	A	B	C	D	E	F	Total	Rank
Bobot	9	9	5	7	3	3	36	
10 = sangat penting	25,00	25,00	13,89	19,44	8,33	8,33	100	
0 = paling tidak penting	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1. Struktur beton konvensional, balok T	4	3	4	3	4	3		I
	36	27	20	21	12	9	125	
2. Komposit baja beton	4	2	3	3	4	4		II
	36	18	15	21	12	12	114	
3. Rangka baja	4	1	2	4	3	3		III
	36	9	10	28	9	9	111	
4. Struktur beton prategang	4	1	3	3	2	3		IV
	36	9	15	21	6	9	96	
5. Rangka kayu	2	4	3	2	2	2		V
	18	36	15	14	6	6	95	

4.4 Fase/Tahap Pengembangan

Pada fase/tahap ini dipersiapkan laporan dan deskripsi dari usulan-usulan yang direkomendasikan. Selain lembar kerja pada tahap pembangunan ini, juga disajikan hasil perhitungan-perhitungan tahap pengembangan.

Pada tahap pengembangan ini alternatif terpilih akan ditinjau lebih detail lagi dalam bentuk tinjauan teknis dan biaya. Perlu dilakukan tinjauan apakah fungsi dasar tetap terpenuhi dan dibuat perhitungan untuk volume dan biaya dari alternatif yang dipilih tersebut.

4.4.1 Pengembangan Rancangan Usulan

Pengembangan konsep usulan dari ide kreatif berisi tentang, konsep awal, konsep usulan, diskusi dan tinjauan teknis.

◆ Item Pondasi

1. Rancangan awal

Tiang pancang pipa baja diameter 400mm, tebal 12 mm, diisi beton mutu K-225 Harga = Rp. 2.599.778,-/m'.

2. Rancangan usulan

Tiang pancang beton prategang pracetak, disini dipilih adalah prestressed Spun Concrete Piles (PC Piles) dari WIKA BETON, klas C, diameter 450 mm, mutu beton K-600, tebal 80 mm, isi kosong.

Harga = Rp. 722.454,26/m' (di lapangan siap pancang)

3. Diskusi

Daya dukung tiang pancang untuk konstruksi jembatan dihitung berdasarkan tahapan ujung dengan data sondir dengan nilai konus ($q_c = 250 \text{ kg/cm}^2$) dan dari data boring ($N_{\text{SPT}} > 50$). Dengan penggantian material tidak mengakibatkan pengurangan daya dukung dan tidak kelebihan beban terhadap daya dukung tiang. Selain itu jenis material tiang pancang konsep usulan jauh lebih murah dibanding dengan konsep awal. Selain itu tiang pancang konsep usulan tersebut tidak memerlukan biaya pemeliharaan walaupun dilingkungan air asin.

4. Tinjauan teknis

Kekuatan tiang pengganti telah diperhitungan terhadap beban-beban yang bekerja. Berat tiang prestressed spun concrete malah lebih ringan daripada tiang baja isi beton untuk diameter 450 mm. Namun setelah dilakukan pengecekan (review design) dengan bangunan atas tipe konstruksi beton konvensional, balok T ternyata untuk diameter 450 mm cukup untuk memenuhi kebutuhan dipakai PC Piles klas C, seperti pada tabel 2.25. berikut:

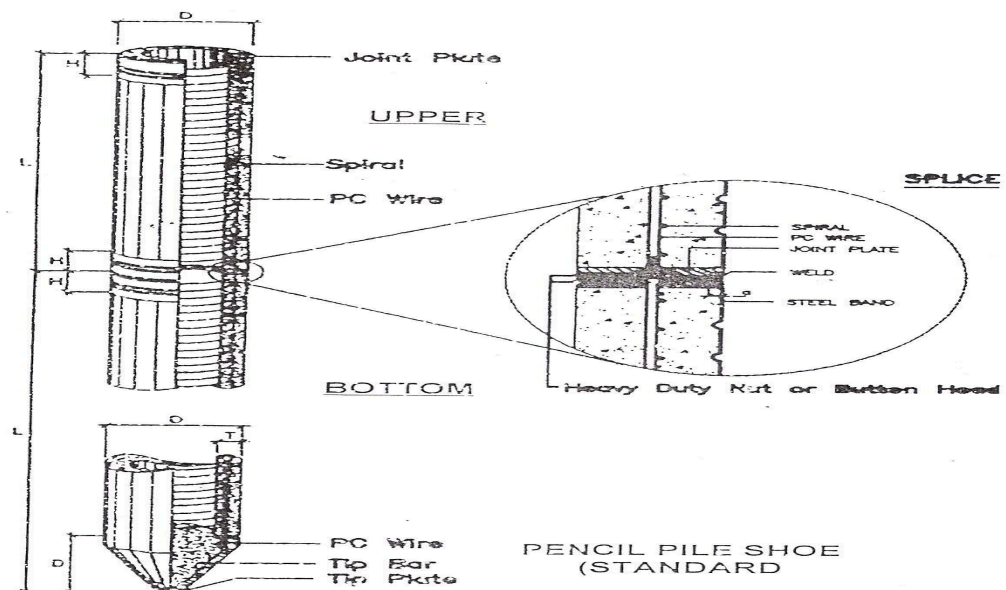
Tabel 4.23. Section Propertis (PC piles) / tiang WIKA

Propertis Penampang (PC Piles, WIKA BETON)	
1. Class	C
2. Ourside diameter (mm)	450,000
3. Wall thicknes (mm)	80,000
4. Concrete cross section (cm ²)	929,000
5. Sectoion modulus (cm ³)	7929,000
6. Bending momen capacity (tm)	
- Crack	12,500
- Ultimate	25,000
7. Allowable axial load (ton)	134,900

Tabel 2.26. Beban-Beban Kerja Dan Daya Dukung
Tiang Hasil Review Design

Beban Kerja dan Beban Izin Tiang (Hasil Desain Perubahan)		
Item	Beban kerja	Beban izin
1. Beban axial max. (ton)	52,929	132,589
2. Beban radial max. (ton)	5,118	24,32
3. Beban momen max. (tm)	0,239	12,500
4. Tegangan beton max. (kg/cm ²)	8,625	200,000

Dari data diatas terlihat bahwa kemampuan serta daya dukung tiang dapat memikul semua beban kerja yang terjadi pada tiap tiang tersebut. oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa tiang pancang rancangan usulan (Prestressed Spun Concrete Piles /PC Piles) dari WIKA BETON, klas C, diameter 450 mm dapat dipakai sebagai alternatif pengganti tiang pancang rancangan (pipa baja diameter 400 mm, tebal 12 mm).



Gambar 4.1. Rancangan Usulan Prestressed Spun Concrete Piles (PC. Piles)
dari WIKA BETON

Item Bangunan Atas

1. Rancangan awal

Konstruksi komposit baja dan beton (standart Binamarga) bentang 20m, klas A.

- Balok girder baja mutu 350 Mpa (6 buah girder)
- Pelat lantai beton mutu 35 Mpa, tebal 20 cm.

2. Rancangan Usulan

Konstruksi beton konvensional (gelagar beton bertulang, tipe T), bentang 20m, klas A.

- Balok pelat mutu 35 Mpa yang terdiri dari 8 buah balok memanjang, 8 buah balok melintang (diafragma) dan pelat lantai kendaraan tebal 20 cm.

3. Diskusi

Sebagai konsep usulan/konstruksi pengganti untuk bangunan atas, data pembebanan untuk perencanaannya sama dengan perencanaan konstruksi konsep awalnya. Sehingga kemampuan beban layannya akan sama dengan konstruksi asalnya. Dimana konstruksi pengganti (rancangan usulan) tidak memerlukan biaya pemeliharaan jika dibanding konstruksi asalnya. Dalam pelaksanaan pembuatan bangunan atas rancangan usulan/ konstruksi pengganti tersebut tidak memerlukan alat-alat berat/ khusus. Biaya konstruksinya pun jauh lebih murah.

4. Tinjauan Teknis

Sebagai perbedaan yang signifikan, konstruksi rancangan usulan berat sendirinya jauh lebih berat dari pada rancangan awalnya. Namun untuk itu telah dilakukan review design, maka sebagai akibat langsungnya adalah beban terhadap pondasi akan berbeda pula. Ternyata penggantian konstruksi bangunan atas dengan konstruksi beton konvensional (gelagar beton bertulang, tipe T), bentang 20 m, klas A. jumlah tiang pancang tidak berubah, hanya diameter yang berubah (dari 400 mm menjadi 450 mm), sesuai dengan kebutuhan konstruksi akibat beban-beban yang bekerja. Perencanaan dimulai dengan meningkatkan mutu beton dari 25 Mpa menjadi 35 Mpa. Perencanaan tebal pelat, dengan beban "T" (beban roda ganda) sebesar 10 ton. Perhitungan momen-momen memakai metode Bitneer (terlampir). Perencanaan gelagar/ balok dengan beban "D" yang terdiri

dari beban terbagi rata “q” per meter panjang perjalur = 2,2 ton/m’ dan beban “P” per jalur lalu lintas = 12 ton.

Beban hidup per meter lebar jembatan menjadi sebagai berikut :

$$\text{Beban terbagi rata} = \frac{q_{\text{ton / meter}}}{2,75 \text{ meter}}$$

$$\text{Beban garis} = \frac{P_{\text{ton}}}{2,75 \text{ meter}}$$

Dari hasil perencanaan balok pelat didapat penulangan :

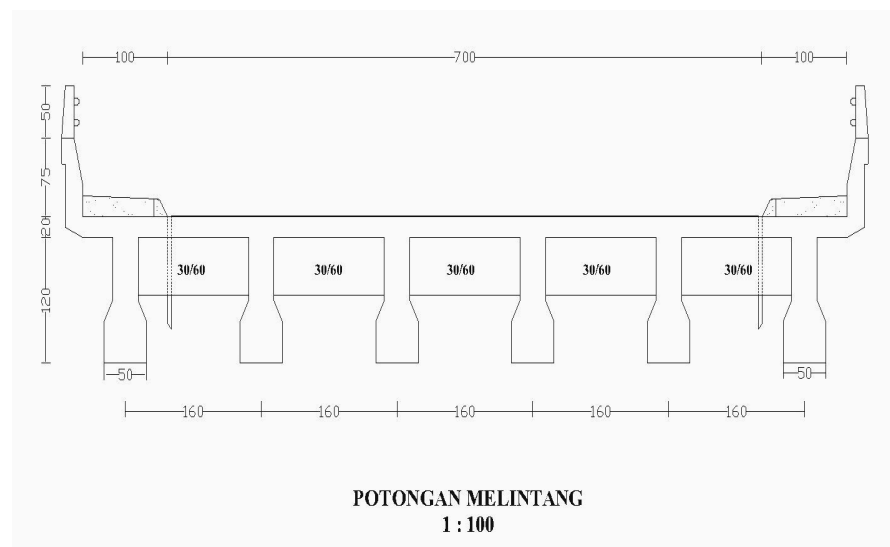
Balok : tulangan tunggal : 21 ϕ 25

Pelat : tulangan rangkap - arah x : ϕ 12–100

(melintang arus lalu lintas)

- arah y : ϕ 12–200 (searah arus lalu lintas)

Sehingga rancangan usulan dapat sebagai pengganti rancangan awal.



Gambar 4.2. Rancangan Usulan Bangunan Atas Konstruksi Beton Konvensional, Balok T

4.4.2 Model Biaya Rancangan Usulan

Model biaya rancangan usulan sama saja dengan model biaya rancangan awal, yang berbeda adalah jenis meterial konstruksi serta jumlah biaya yang digunakan. Model biaya tersebut dapat terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.24. Model Biaya Rancangan Usulan

PONDASI

MATA PEMBA YARAN	U R A I A N	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
8.02(3)	Tiang pancang WIKA \varnothing 450mm	M'	284.80	722.454,26	205.754.973,-
8.02(27)	Tiang pancang WIKA \varnothing 450mm, pemancangan	M'	284.80	441.317,80	125.687.309,44
SUB TOTAL HARGA PONDASI					331.442.282,44

BANGUNAN ATAS

MATA PEMBA YARAN	U R A I A N	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
8.01(3)	Beton klas K-350 pada elevasi	M ³	119,6	1.350.000,-	161.460.000,-
8.03	Pembesian	Kg	11.790	11.600,-	136.764.000,-
8.04(4)	Perletakan Elastomer	Buah	12	811.622,-	9.739.464,-
8.01(8)	Tambahan biaya untuk perencan acuan lantai M ³	ls	1	10.000.000,-	10.000.000,-
SUB TOTAL HARGA BANGUNAN ATAS					317.963.464,-

4.4.3 Biaya Rancangan Awal dan Rancangan Usulan

Perbedaan biaya rancangan awal dengan rancangan usulan untuk item pondasi dan item bangunan ats adalah sebagai berikut :

Tabel 4.25. Biaya Rancangan Awal dengan rancangan Usulan
Item Pondasi dan Item Bangunan Atas

Item	Rancangan Awal (Rp)	Rancangan Usulan (Rp)	Selisih Biaya (Rp)
1. Pondasi	665.543.164	331.442.282,44	334.100.881,60
2. Bangunan Atas	801.737.487,24	317.963.464,-	483.774.023,20
Total	1.467.280.650,24	649.405.746,40	817.874.903,60

4.4.4 Analisis Biaya Siklus Hidup Proyek

Analisa biaya siklus hidup proyek bertujuan untuk melakukan penilaian alternatif berdasarkan kriteria biaya.

Beberapa dasar untuk analisa ini adalah:

- a) Nilai ekonomis bangunan 50 tahun
- b) Asumsi bunga 12%
- c) Inflasi diabaikan

Rumus-rumus yang dipakai :

Biaya siklus hidup (tahunan ekivalen) :

$$\text{Rumus : } A = P \left[\frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right] = P \cdot (\text{UCR})$$

Dimana : P = Present Worth of Series of Annual Payments

A = Value of Those Annual Payments

i = Discount rate

N = Number of Interest Periods

UCR = Uniform Capital Recovery

Perbedaan siklus hidup :

$$\text{Rumus : } P = A \left[\frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \right] = A \cdot (\text{UPW})$$

Dimana : P = Present Worth of a Series of Annual Payments
: A = Value of Those Annual Payment
: I = Discount rate
: N = Number of Interest Periods
: UPW = Uniform Present Worth

◆ Item Pondasi

Perhitungan :

Total biaya tahunan ekivalen :

Rancangan awal (tiang pancang pipa baja ϕ 400mm, tebal 12mm)

$$= \frac{A}{P} \times 12\% \times 50$$

$$= 0,12 \times \text{Rp. } 665.543.164,- = \text{Rp. } 79.865.179,68$$

Rancangan usulan (tiang pancang PC Piles, WIKA BETON, ϕ 450mm, tebal 80mm)

$$= \left(\frac{A}{P} \times 12\% \times 50 \right)$$

$$= 0,12 \times \text{Rp. } 331.442.282,44 = \text{Rp. } 39.773.073,88$$

Selisih biaya tahunan ekivalen :

$$= \text{Rp. } 79.865.179,68 - \text{Rp. } 39.773.073,88$$

$$= \text{Rp. } 40.092.105,8$$

Penghematan biaya siklus hidup :

$$= \left(\frac{P}{A} \times 12\% \times 50 \right)$$

$$= 8,333 \times \text{Rp. } 40.092.105,8 = \text{Rp. } 334.087.517,6$$

Tabel 4.26. Biaya Siklus Hidup Pondasi

Nilai Sekarang	Rancangan Awal (Rp)	Rancangan Usulan (Rp)
<ul style="list-style-type: none"> Biaya pokok (initial cost) Biaya konstruksi Biaya perubahan desain (3 %) 	665.543.164,-	331.442.282,44 9.943.268,50
Total Biaya Pokok	665.543.164,-	341.385.550,90
<ul style="list-style-type: none"> Biaya penggantian (replacement cost) Tidak ada penggantian selama 50 tahun 	-	-
<ul style="list-style-type: none"> Nilai sisa (salvage cost) Tidak ada nilai sisa untuk komponen 	-	-
<ul style="list-style-type: none"> Biaya operasional (operational cost) Tidak ada biaya operasional 	-	-
<ul style="list-style-type: none"> Biaya pemeliharaan tahunan (annual maintenance cost) 	-	-
Total Biaya	665.543.164,-	341.385.550,90
<ul style="list-style-type: none"> Total biaya tahunan ekivalen 	79.865.179,68	39.773.073,88
<ul style="list-style-type: none"> Selisih biaya tahunan ekivalen 		40.092.105,80
<ul style="list-style-type: none"> Penghematan biaya siklus hidup 		334.087.517,60

◆ **Item Bangunan Atas**

Biaya tahunan ekivalen :

Rancangan awal (konstruksi komposit baja beton)

$$= \left(\frac{A}{P} \times 12\% \times 50 \right)$$

$$= 0,12 \times \text{Rp. } 801.737.487,24 = \text{Rp. } 96.208.498,5$$

Rancangan usulan (konstruksi beton konvensional, Balok T)

$$= \left(\frac{A}{P} \times 12\% \times 50 \right)$$

$$= 0,12 \times \text{Rp. } 317.963.464,- = \text{Rp. } 38.155.615,68$$

Selisih biaya tahunan ekivalen :

$$= \text{Rp. } 96.208.498,5 - \text{Rp. } 38.155.615,68$$

$$= \text{Rp. } 58.052.882,82$$

Penghematan biaya siklus hidup :

$$= \left(\frac{P}{A} \times 12\% \times 50 \right) \times \text{Rp. } 58.052.882,82$$

$$= 8,333 \times \text{Rp. } 58.052.882,82$$

$$= \text{Rp. } 483.754.672,50$$

Tabel 4.27. Biaya Siklus Hidup Bangunan Atas

Nilai Sekarang	Rancangan Awal (Rp)	Rancangan Usulan (Rp)
<ul style="list-style-type: none"> Biaya pokok (initial cost) Biaya konstruksi Biaya perubahan desain (3 %) 	801.737.487,24	317.963.464,- 9.538.903,92
Total Biaya Pokok	801.737.487,24	327.502.367,90
<ul style="list-style-type: none"> Biaya penggantian (replacement cost) Tidak ada penggantian selama 50 tahun 	-	-
<ul style="list-style-type: none"> Nilai sisa (salvage cost) Tidak ada nilai sisa untuk komponen 	-	-
<ul style="list-style-type: none"> Biaya operasional (operational cost) Tidak ada biaya operasional 	-	-
<ul style="list-style-type: none"> Biaya pemeliharaan tahunan (annual maintenance cost) diasumsikan 2% Biaya pemeliharaan nilai sekarang (P/A, 12%, 50)=8,33xRp. 	(16.034.749,74) 133.569.459,17	(6.359.269,28) 52.972.713,10
Total Biaya (Present Value)	935.306.946,17	380.475.081,-
• Total biaya tahunan ekivalen	96.208.498,50	38.155.615,68
• Selisih biaya tahunan ekivalen		58.052.882,82
• Penghematan biaya siklus hidup		476.683.579,50

Tabel 4.28. Biaya Penghematan Proyek (Value Engineering)

Biaya (Rp)	Pondasi (Rp)	Bangunan Atas (Rp)	Total (Rp)
1. Rancangan awal	665.543.164,-	801.737.487,24	1.467.280.651,-
2. Rancangan usulan	331.442.282,44	317.963.464,-	649.405.746,40
3. Penghematan awal kotor	334.100.881,60	483.774.023,20	817.874.904,80

Tabel 4.29. Biaya Penghematan Siklus Hidup Proyek

Biaya (Rp)	Pondasi (Rp)	Bangunan Atas (Rp)	Total (Rp)
1. Penghematan tahunan	40.092.105,80	58.052.882,82	98.144.988,62
2. Penghematan siklus hidup	334.087.517,60	476.683.579,50	810.771.097,10

Dari tabel diatas dapat ditentukan penghematan biaya siklus hidup proyek sebesar :
Rp. 810.771.097,10

Fase/Tahap Rekomendasi

Setelah dilakukan analisa dari alternatif –alternatif terbaik di antara alternatif-alternatif lainnya, maka dibuat rekomendasi atas hasil studi rekayasa nilai. Rekomendasi tersebut disajikan dalam bentuk tabel berikut ini:

Tabel 4.30. Tahap Rekomendasi Pekerjaan Pondasi

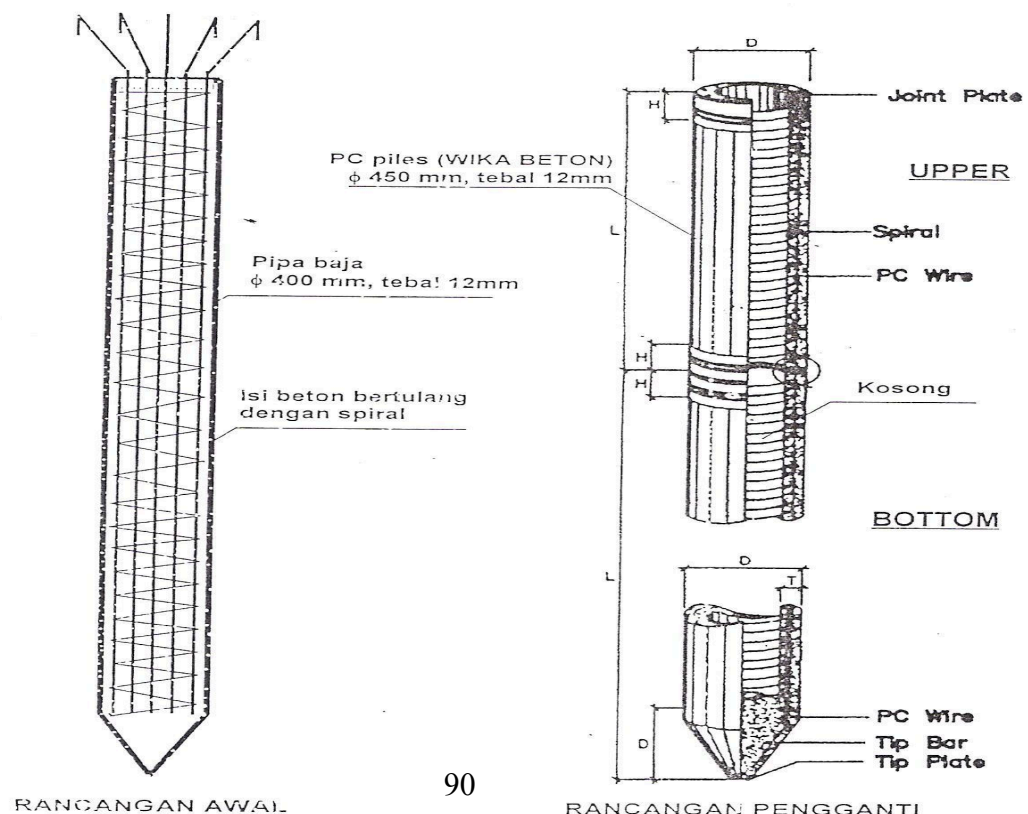
TAHAP REKOMENDASI		
Proyek	:	Pembangunan Jembatan Sungai Betung I
Lokasi	:	035/STA. 226+340 Ruas jalan Sebamban-Pagatan
Pekerjaan	:	Pondasi
Rencana Awal	:	Tiang pancang pipa baja \varnothing 400 mm, tebal 12 mm
Usulan	:	Tiang pancang Prestressed Spun Concrete Piles (PC Piles) dari WIKA BETON, \varnothing 450mm, tebal 80 mm, dan mutu (K-500), gambar terlampir.

Penghematan Biaya	:	Rp.334.100.881,6 (tiga ratus tiga puluh empat juta seratus juta delapan ratus delapan puluh satu koma enam sen) atau 50% dari desain awal.
Dasar Pertimbangan	:	Berdasarkan analisa siklus hidup proyek dan analisa pengambilan keputusan dengan criteria non biaya Telah dikonsultasikan dengan owner melalui konsultkan perencana bbahwa desain usulan memenuhi criteria.

Tabel 4.31. Tabel Rekomendasi Pekerjaan Bangunan Atas

TAHAP REKOMENDASI		
Proyek	:	Pembangunan Jembatan Sungai Betung I
Lokasi	:	035/STA. 226+340 Ruas jalan Sebamban-Pagatan
Pekerjaan	:	Bangunan Atas
Rencana Awal	:	Konstruksi komposit baja beton, bentang 20m, klas A (Standart Binamarga)
Usulan	:	konstruksi beton konvensional, balok T, baton mutu (K-350) atau 35 Mpa dan baja tulangan (U-32), gambar terlampir.
Penghematan Biaya	:	Rp.334.100.881,6 (tiga ratus tiga puluh empat juta seratus juta delapan ratus delapan puluh satu koma enam sen) atau 70% dari desain awal.
Dasar Pertimbangan	:	Berdasarkan analisa siklus hidup proyek dan analisa pengambilan keputusan dengan criteria non biaya Telah dikonsultasikan dengan owner melalui konsultkan perencana bbahwa desain usulan memenuhi criteria.

Sketsa Pondasi Tiang Pancang



Gambar 4.3. Sketsa Tiang Pancang Rancangan Awal
Dan Rancangan Pengganti

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil studi penerapan rekayasa nilai pada proyek pembangunan jembatan Sei Betung I dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Penerapan Rekayasa Nilai (Value Engineering) merupakan salah satu alternatif untuk mengefisiensikan biaya pembangunan yaitu dengan cara melakukan analisis fungsi dengan maksud menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu namun tidak mengurangi fungsi dasar dari sistem konstruksi tersebut terutama yang terkait dengan kebutuhan serta persyaratan-persyaratan yang ditentukan.
- b. Proses Rekayasa Nilai pada suatu proyek, dalam hal meniadakan biaya-biaya tertentu yang tidak diperlukan adalah bukan dengan cara meninjau ulang desain yang ada atau menekan harga satuan, tetapi mencari alternatif lain yang lebih lebih baik dan efisien.
- c. Prinsip-prinsip rekayasa nilai dapat diterapkan pada proyek Penggantian Jembatan Sei. Betung I.
- d. Keberhasilan penerapan Rekayasa Nilai pada suatu proyek sangat dipengaruhi oleh kerja sama Tim Rekayasa Nilai dengan pemilik dan perencana. Pengetahuan dan latar belakang metoda-metoda konstruksi yang dikuasai oleh Tim menjadi kunci pokok dalam keberhasilan tim.
- e. Rancangan pengganti tiang pancang Prestressed Spun Concrete Piles (PC Piles) dari WIKA BETON, ϕ 450 mm, tebal 80 mm dan mutu (K-600), lebih ekonomis daripada rancangan awal pipa baja ϕ 400 mm, tebal 12 mm. Sehingga biaya konstruksi pondasi akan lebih hemat Rp. 334.100.881,6.
 - Rancangan awal (pipa baja, ϕ 400 mm, tebal 12 mm) Rp. 665.543.164,-

- Rancangan usulan (PC piles, ϕ 450 mm, tebal 80 mm)Rp. 331.442.282,44
- f. Rancangan pengganti bangunan atas, konstruksi beton konvensional, balok T, jumlah balok 8 buah saja lebih ekonomis daripada rancangan awal dari standar Binamarga konst. Konstruksi bangunan atas akan lebih hemat Rp. 483.774.023,20
 - Rancangan awal gelagar girder bentang 20m Rp. 801.737.487,24
 - Rancangan usulan beton konvensional Rp. 317.963.464,-
- g. Untuk keseluruhan proyek dari nilai fisik akan lebih hemat Rp. 817.874.904,80 atau sebesar 55,74%.

5.2. **Saran**

- a. Untuk mendapatkan keberhasilan yang baik dengan menghasilkan alternatif konstruksi yang optimal maka hendaknya tim Rekayasa Nilai menguasai teknologi dan ilmu Rekayasa Nilai serta benar-benar berpengalaman serta harus terdiri dari berbagai disiplin ilmu yang berkaitan dengan masalah yang dihadapi.
- b. Sangat diharapksn kerjasama Tim Rekayasa Nilai dengan pihak-pihak yang terlibat harus benar-benar berinteraksi dengan baik, karena sangat mempengaruhi kepada analisis yang dilakukan serta hasil yang diperoleh.