

TUGAS AKHIR

**ANALISA *VALUE ENGINEERING* STRUKTUR PONDASI
JEMBATAN SUNGAI GONDANG
PROYEK JALAN TOL SOLO – NGAWI STA 49 + 553**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

**Patria Al Falah
NIM : 30202000298**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA VALUE ENGINEERING STRUKTUR PONDASI
JEMBATAN SUNGAI GONDANG
PROYEK JALAN TOL SOLO – NGAWI STA 49 + 553



Patria Al Falah
NIM: 30202000298

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 27 Juli 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng.,**
NIDN: 0631128901
2. **Eko Muliawan Satrio, S.T., M.T.,**
NIDN: 0610118101
3. **Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T.,**
NIDN: 0608067601

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 06 / A.2. / SA - 7 / IV / 2023

Pada hari ini tanggal Juli 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Eko Muliawan Satrio, ST., MT.
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Patria Al Falah
NIM : 30202000298


Judul : Analisa Value Engineering pada Struktur Pondasi Jembatan Sungai Gondang Proyek Jalan TOL Solo – Ngawi STA 49+553

Dengan tahapan sebagai berikut :

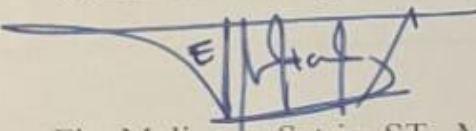
No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	02/05/2022	
2	Seminar Proposal	01/08/2022	ACC
3	Pengumpulan data	07/04/2023	
4	Analisis data	05/05/2023	
5	Penyusunan laporan	10/06/2023	
6	Selesai laporan	27/07/2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

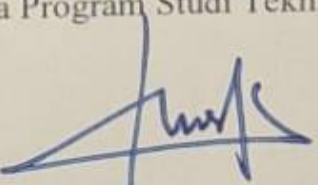
Dosen Pembimbing Utama


Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.

Dosen Pembimbing Pendamping


Eko Muliawan Satrio, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Patria Al Falah

NIM : 30202000298

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul “Analisa Value Engineering pada Struktur Pondasi Jembatan Sungai Gondang Proyek Jalan TOL Solo – Ngawi STA 49+553” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 27 Juli 2023

Yang membuat pernyataan



Patria Al Falah

NIM : 30202000298

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : PATRIA AL FALAH
NIM : 30202000298
JUDUL : ANALISA VALUE ENGINEERING PADA STRUKTUR PONDASI JEMBATAN SUNGAI GONDANG PROYEK JALAN TOL SOLO - NGAWI STA 49+553

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 17 Juli 2023

Yang membuat pernyataan

Patria Al Falah

NIM : 30202000298

MOTTO

Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan. (Imam Syafi'i)

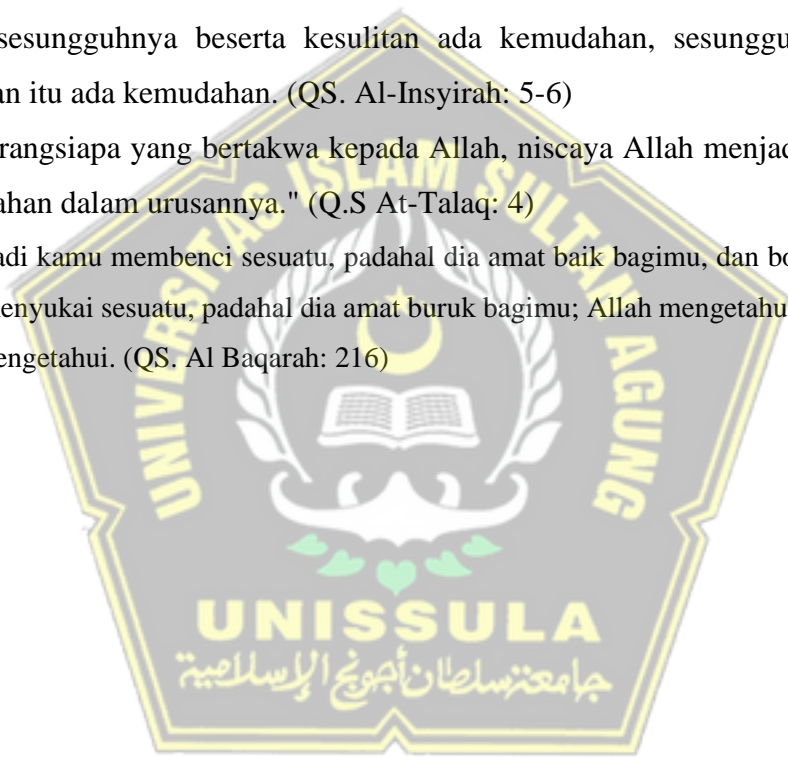
Barangsiapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga. (HR. Muslim)

Siapa yang keluar untuk menuntut ilmu, maka dia berjuang fi sabilillah hingga dia kembali. (HR. Tirmidzi)

Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan. (QS. Al-Insyirah: 5-6)

Dan barangsiapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya." (Q.S At-Talaq: 4)

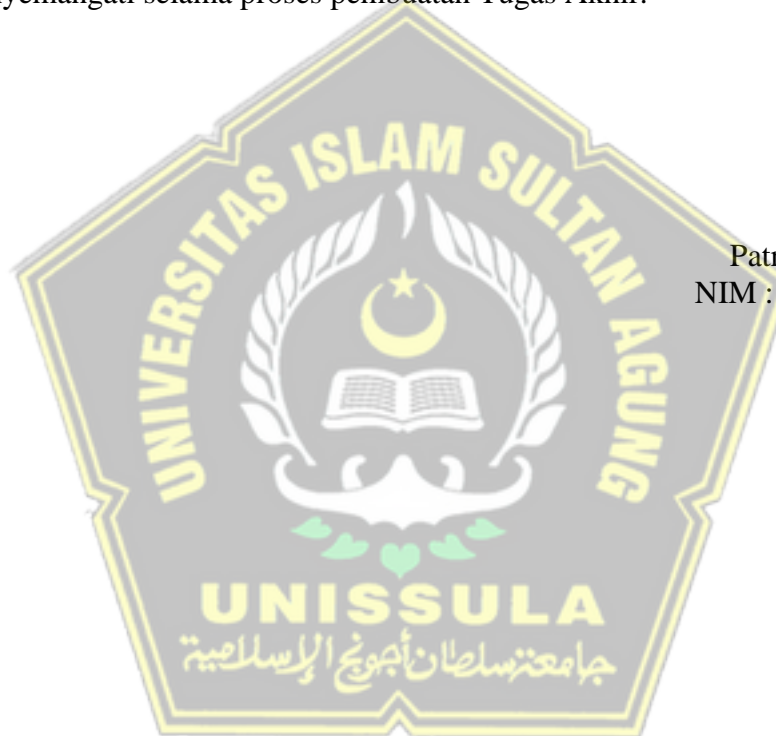
Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal dia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal dia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui. (QS. Al Baqarah: 216)



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya serta keluarga kami yang senantiasa membantu dalam suka maupun duka.
2. Ibu Lisa Fitriyana, ST.,M.Eng., serta Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT. yang telah berkenan membimbing saya dari awal hingga akhir laporan ini dibuat.
3. Sahabat-sahabat saya yang selalu memberi dukungan secara moriil sehingga laporan ini bisa terselesaikan.
4. Teman-teman kelas transfer Unissula yang sudah banyak membantu dan menyemangati selama proses pembuatan Tugas Akhir.



Patria Al Falah
NIM : 30202000298

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Value Engineering Struktur Pondasi Jembatan Sungai Gondang Proyek Jalan TOL Solo – Ngawi STA 49+553” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat dan kelancaran dalam penyusunan tugas akhir,
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik,
3. Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.. yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan tugas akhir ini,
4. Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini,
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3

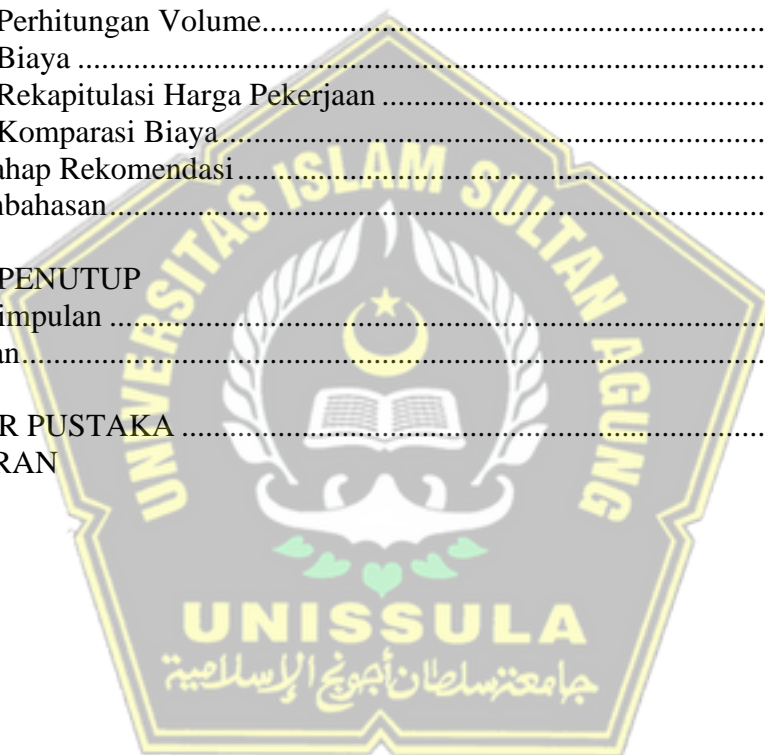
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum.....	5
2.2. <i>Value Engineering</i>	5
2.2.1. Nilai (<i>Value</i>).....	6
2.2.2. Biaya (<i>Cost</i>)	6
2.2.3. Fungsi.....	8
2.2.4. <i>Benefit</i> (Manfaat)	8
2.3. Faktor-Faktor Penggunaan <i>Value Engineering</i>	9
2.4. Karakteristik <i>Value Engineering</i>	10
2.5. Tahapan-Tahapan <i>Value Engineering</i>	10
2.5.1. Tahap Informasi	11
2.5.2. Tahap Kreatif	11
2.5.3. Tahap Analisis.....	11
2.5.4. Tahap Pengembangan	11
2.5.5. Tahap Rekomendasi	11
2.6. Penelitian Terdahulu	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian.....	16
3.1.1. Objek Penelitian	16
3.1.2. Metode Pengumpulan Data	16
3.1.3. Metode Pengolahan Data	17
3.1.3.1. Tahap Informasi	17
3.1.3.2. Tahap Kreatif	18

3.1.3.3. Tahap Analisis.....	20
3.1.3.4. Tahap Rekomendasi.....	22
3.2. Bagan Alir.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data Proyek.....	24
4.1.1. Data Umum Proyek.....	24
4.1.2. Data Tanah.....	25
4.1.3. Data Biaya Proyek.....	25
4.2. Analisis Value Engineering.....	26
4.2.1. Tahap Informasi.....	26
4.2.2. Tahap Kreatif.....	30
4.2.3. Tahap Analisa.....	30
4.2.3.1. Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi.....	31
4.2.3.2. Metode Pelaksanaan.....	45
4.2.3.3. Perhitungan Volume.....	46
4.2.3.4. Biaya.....	47
4.2.3.5. Rekapitulasi Harga Pekerjaan.....	53
4.2.3.6. Komparasi Biaya.....	55
4.2.4. Tahap Rekomendasi.....	55
4.3. Pembahasan.....	56
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen-komponen Biaya	7
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1 Alternatif-alternatif pekerjaan.....	19
Tabel 3.2 Rencana Anggaran Biaya Tugas Akhir.....	24
Tabel 4.1 Rekapitulasi Anggaran Biaya Proyek	27
Tabel 4.2 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Proyek	28
Tabel 4.3 <i>Breakdown Cost Model</i> RAB.....	28
Tabel 4.4 <i>Grafik Pareto</i> RAB	29
Tabel 4.5 <i>Breakdown Cost Model</i> Pekerjaan Struktur dan Pondasi.....	29
Tabel 4.6 <i>Grafik Pareto</i> RAB	29
Tabel 4.7 Analisis Fungsi Pekerjaan Pondasi	31
Tabel 4.8 Checklist Metode Pelaksanaan Pondasi	46
Tabel 4.9 Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi <i>Bored Pile</i> 1m.....	47
Tabel 4.10 Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang 0,6m	47
Tabel 4.11 Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang 0,8m	47
Tabel 4.12 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengeboran <i>Bored Pile</i>	48
Tabel 4.13 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Penulangan <i>Bored Pile</i>	49
Tabel 4.14 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengecoran <i>Bored Pile</i>	49
Tabel 4.15 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang 0,6m...50	
Tabel 4.16 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang 0,8m...50	
Tabel 4.17 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang dengan <i>hammer diesel</i> (m').....	51
Tabel 4.18 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang dengan <i>hammer hydraulic</i> (m').....	51
Tabel 4.19 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Penyambungan Kepala Tiang Pancang	52
Tabel 4.20 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemotongan Kepala Tiang Pancang	52
Tabel 4.21 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kalendering Tiang Pancang	53
Tabel 4.22 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan Top Pile.....	53
Tabel 4.23 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Eksisting.....	54
Tabel 4.24 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi <i>Bored Pile</i> 1m	54
Tabel 4.25 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang 0,6m dengan <i>Hammer Diessel</i>	54
Tabel 4.26 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang 0,6m dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	55
Tabel 4.27 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang 0,8m dengan <i>Hammer Diessel</i>	55
Tabel 4.28 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang 0,8m dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	55
Tabel 4.29 Komparasi Biaya Pekerjaan Pondasi	56
Tabel 4.30 Selisih Biaya Alternatif Pondasi	56
Tabel 4.31 Persentase Penghematan Biaya Alternatif Desain	58
Tabel 4.32 Komparasi Keuntungan dan Kerugian.....	58
Tabel 4.33 <i>Scoring</i> Manfaat Pondasi	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Potongan Memanjang Jembatan Sungai Gondang.....	25
Gambar 4.2. Bor Log BH-022 (kiri)	26
Gambar 4.3. Bor Log BH-023 (kanan)	26



ABSTRAK

Pada penelitian ini studi *value engineering* dilakukan pada Struktur Pondasi Jembatan Sungai Gondang Proyek Jalan Tol Solo-Ngawi STA 49+533. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui penghematan setelah dilakukan *value engineering*, mengetahui desain optimal yang bisa diterapkan pada Struktur Pondasi Jembatan Sungai Gondang, mengetahui jumlah/besar biaya total sebelum dan sesudah dilakukan *value engineering* pada struktur pondasi jembatan sungai Gondang, serta mengetahui rekomendasi alternatif yang didapatkan setelah penerapan *value engineering* pada struktur pondasi jembatan sungai Gondang.

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan metode pengambilan data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud yaitu Data observasi hasil pengamatan secara langsung, fungsinya untuk mengetahui kondisi nyata jembatan, kondisi lapangan, serta lingkungan. Sedangkan untuk data sekunder dibutuhkan data tanah, gambar *detail engineering design*, data *engineering estimate*, dan data *time schedule*. Metode penelitian data *value engineering* memiliki empat tahapan yaitu Tahap Informasi, Tahap Kreatif, Tahap Analisis yang didalamnya terdapat : Penentuan alternatif desain pengganti, Merancang RAB desain pengganti, Menganalisa penghematan biaya. dan Tahap yang terakhir yaitu Tahap Rekomendasi.

Pada penelitian ini peneliti melakukan *Value Engineering* menggunakan tiga alternatif Pondasi. Untuk Pondasi Eksisting menggunakan *Bored Pile* dimensi 0,8m, untuk alternatif 1 Pondasi *Bored Pile* dimensi 1m, untuk alternatif 2 Pondasi Tiang Pancang Pracetak Bulat dimensi 0,6m, untuk Alternatif 3 Pondasi Tiang Pancang Pracetak Bulat dimensi 0,8m. Untuk Pemasangan Tiang Pancang menggunakan metode 2 Metode yaitu menggunakan *Hammer Diessel* dan *Hammer Hydraulic*. Pada pembahasan ditemukan bahwa pondasi yang efisien adalah alternatif pertama yaitu pondasi *bored pile* diameter 100 cm. Biaya pekerjaan pondasi eksisting memiliki harga sebesar Rp2.084.433.653,31. Biaya yang optimal dipilih alternatif I yang dapat dilihat dari biaya pekerjaan pondasi menjadi Rp. 1.896.159.863,93 yang berarti terjadi penghematan sebesar 9% yaitu Rp. 188.273.789,38. sehingga peneliti merekomendasikan desain pondasi *bored pile* diameter 100 cm.

Kata kunci : *value engineering*; jembatan; pondasi; *bored pile*; tiang pancang

ABSTRACT

The construction of bridge projects requires well-planned engineering and project control. In the project planning process, cost is one of the main aspects that cannot be ruled out. Cost overruns in a construction project can be caused by things that are less necessary in the implementation of a construction project. To prevent cost overruns, planning on construction projects must evaluate planning so that the project to be carried out can achieve the most optimal final value. For this reason, experts created a concept called Value Engineering, which aims to minimize unnecessary costs so as to save the cost of spending on the project without reducing its quality or function. In this research, a value engineering study was conducted on the Gondang River bridge construction project. The purpose of this study is to determine the application of value engineering in the Gondang river bridge construction project, determine the most efficient design that can be applied to the Gondang river bridge construction project, determine the amount of total cost before and after value engineering is carried out on the Gondang river bridge construction project, and determine alternative recommendations obtained after the application of value engineering in the Gondang river bridge construction project.

The types of data needed for this research are primary data and secondary data. The primary data in question are field photos of the bridge to be studied, while for secondary data, soil data, detailed engineering design drawings, engineering estimate data, and time schedule data are needed. The value engineering data research method has four stages, namely the information stage, creative stage, analysis stage, and recommendation stage.

In this study, researchers conducted Value Engineering using three alternative foundations. For Existing Foundations using Bored Pile dimensions 0.8m, for alternative 1 Bored Pile Foundations dimensions 1m, for alternative 2 Round Precast Pile Foundations dimensions 0.6m, for Alternative 3 Round Precast Pile Foundations dimensions 0.8m. For pile installation using 2 methods, namely using Diessel Hammer and Hydraulic Hammer. In the discussion it was found that the efficient foundation is the first alternative, namely the 100 cm diameter bored pile foundation. The cost of existing foundation work has a price of Rp2,084,433,653.31. The optimal cost is selected alternative I which can be seen from the cost of foundation work to Rp. 1,896,159,863.93 which means there is a savings of 9% which is Rp. 188,273,789.38. so researchers recommend the design of the bored pile foundation diameter 100 cm.

Keywords: value engineering; bridge; foundation; bored pile; piles

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan Jalan tol Solo - Ngawi merupakan jalan yang menghubungkan kota Solo dengan beberapa daerah yang ada disekitarnya, khususnya ke arah Ngawi. Sehingga jalan tol Solo - Ngawi akan sangat penting kaitannya sebagai sarana transportasi. Selain itu, jalan tol ini juga berupaya untuk mengurangi kemacetan yang timbul tiap harinya. Pembangunan jalan tol Solo - Ngawi yang diperkirakan sepanjang $\pm 90.43\text{km}$ ini dibagi menjadi 3 tahap yang terdiri dari Ruas Ngawi – Klitik, Ruas Solo - Sragen dan Ruas Sragen - Ngawi.

Jembatan Sungai Gondang sendiri terletak di STA 49+553, yang melintasi Sungai Gondang terletak di Kabupaten Sragen, Jawa Tengah. Jembatan Gondang memiliki panjang total 30,8 m, lebar jembatan 25,2 m dan mempunyai 2 abutment. Jembatan Gondang mempunyai fungsi 2 arah (2 jalur 4 lajur). Didalam pelaksanaan pembangunan jembatan menggunakan pondasi *Bored Pile* .

Pembangunan proyek jembatan membutuhkan teknik dan pengendalian proyek yang terencana dengan baik. Dalam proses perencanaan proyek, biaya merupakan salah satu aspek utama yang tidak dapat dikesampingkan. Membengkaknya biaya pada suatu proyek konstruksi dapat disebabkan oleh hal yang kurang diperlukan dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Untuk mencegah terjadinya pembengkakan biaya, perencanaan pada proyek konstruksi harus melakukan evaluasi perencanaan sehingga proyek yang akan dikerjakan dapat mencapai nilai akhir paling optimal. Untuk itu, para ahli menciptakan suatu konsep yang dinamakan *Value Engineering* (Rekayasa Nilai), yang bertujuan untuk mengefisiensikan biaya-biaya yang tidak perlu sehingga dapat menghemat biaya pengeluaran untuk proyek tersebut tanpa mengurangi kualitas maupun fungsinya.

Value engineering pada umumnya dilakukan pada pekerjaan struktur, dikarenakan mempunyai bobot biaya yang besar dibandingkan dengan item pekerjaan yang lainnya. Hal ini dapat terjadi dikarenakan desain yang kurang efektif dan menyebabkan besarnya pengeluaran biaya yang kurang efisien dalam rencana pekerjaan struktur, sehingga mengakibatkan rencana anggaran biaya (RAB) sangat besar (Kusuma,2018).

Pada pembahasan *value engineering* di atas peneliti menggunakan studi kasus pada proyek Jembatan Sungai Gondang STA 49 + 533 hanya pada bagian pekerjaan struktur bawah (Pondasi). Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, peneliti melakukan sebuah penelitian dengan menggunakan analisis *value engineering* yang diharapkan dapat memperoleh suatu nilai yang lebih efisien dan efektif dari proyek Jalan Tol Solo-Ngawi STA 49+553 Jawa Tengah, Jembatan Sungai Gondang dengan munculnya cost saving

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang masalah di atas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana penerapan *value engineering* pada Pekerjaan Pondasi Jembatan Sungai Gondang ?,
2. Bagaimana desain pondasi yang efisien yang dapat digunakan dari *penerapan value engineering* pada pekerjaan pondasi proyek pembangunan jembatan sungai Gondang ?,
3. Bagaimana efisiensi yang diperoleh dari penerapan *value engineering* pada pekerjaan pondasi di proyek pembangunan jembatan sungai Gondang ?

1.3 Batasan Masalah

Pokok pembahasan dari tugas akhir ini yaitu efisiensi waktu pelaksanaan dan *value engineering* pada pekerjaan pondasi proyek pembangunan jembatan sungai Gondang dengan Batasan masalah sebagai berikut ;

1. Waktu pelaksanaan yang digunakan sesuai dengan waktu pelaksanaan kontrak awal.
2. Desain awal yang digunakan merupakan desain yang dibuat oleh konsultan perencana.
3. Anggaran biaya dan harga satuan diambil sesuai dengan harga pada RAB.
4. Penerapan metode *value engineering* serta pembahasan dilakukan pada struktur pondasi jembatan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penghematan biaya (cost saving) biaya pekerjaan setelah dilakukan *value engineering* pada pekerjaan pondasi pembangunan jembatan tersebut.
2. Mengetahui desain yang optimal dan dapat diterapkan pada pekerjaan pondasi proyek pembangunan jembatan tersebut.
3. Mengetahui besaran biaya total sebelum dan sesudah dilakukan *value engineering* pada pekerjaan pondasi pembangunan jembatan tersebut.
4. Mengetahui rekomendasi desain alternatif yang didapatkan setelah penerapan *value engineering* pada pekerjaan pondasi pembangunan jembatan tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Memberikan alternatif pertimbangan kepada penyedia jasa konstruksi pada pelaksanaan sehingga dapat mengetahui metode yang lebih efisien.
2. Menambah wawasan ilmu manajemen konstruksi khususnya mengenai *value engineering*.

1.6 Sistem Penulisan

Dalam penyusunan laporan ini, penulis membagi menjadi lima bab dengan beberapa sub bab, dengan penjelasan isi secara umum adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menyajikan gambaran umum rencana pembahasan materi yang meliputi; Latar Belakang, Rumusan Masalah, Pembatasan Masalah, Tujuan Penelitian, serta Sistematika Penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Berisi dasar teori yang digunakan sebagai pedoman dalam membuat data pada bab— bab berikutnya dengan menyebutkan sumber yang digunakan sebagai acuan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang proses pengumpulan data baik secara observasi lapangan secara langsung dan metode analisa data serta penyajian data yang nantinya akan diolah dan dijadikan dasar penelitian.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan dan hasil dari penelitian tugas akhir yang merupakan inti dari penulisan yang berisikan pembahasan tentang pencetusan gagasan alternatif desain yang nantinya akan dikomparasi dan dikaji dengan desain awal proyek.

BAB V : KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari pembahasan tugas akhir.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi selalu memerlukan resources (sumber daya) yaitu *man* (manusia), *material* (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *method* (metode pelaksanaan), *money* (uang), *information* (informasi), dan *time* (waktu). Karena banyaknya hal yang diperlukan dari sebuah proyek, maka diperlukan manajemen proyek supaya proyek berjalan sesuai dengan apa yang diinginkan.

Menurut Dimiyati dan Nurjaman (2014), Manajemen proyek merupakan proses perencananan, pengorganisasian, memimpin, dan pengendalian kegiatan anggota organisasi serta sumber daya lainnya sehingga dapat mencapai sasaran organisasi telah ditentukan sebelumnya. Manajemen proyek bertujuan supaya dapat dilakukan pengelolaan terhadap fungsi-fungsi manajemen sehingga hasil yang diperoleh optimum dengan sumber daya yang efisien. Menurut Kerzner (1995), dalam menganalisa proyek terdapat tujuh aspek yang dapat dijadikan acuan sebagai pengendalian proyek dengan harapan menghasilkan potensi dalam hal-hal yang terdapat dalam suatu proyek, antara lain :

- a. Mengidentifikasi fungsi tanggung jawab supaya nantinya dalam menjaankan suatu proyek terjamin kelancaran pelaksanaannya.
- b. Meminimalisir kebutuhan akan laporan yang berkesinambungan.
- c. Mengidentifikasi jadwal pelaksanaan.
- d. Menganalisa teknis pelaksanaan yang digunakan.
- e. Mengevaluasi perencanaan awal.
- f. Mengkaji gagasan baru terhadap perencanaan kemasa yang akan datang.
- g. Dapat mengendalikan apabila proyek tidak berjalan dengan sesuai rencana.

2.2. Value Engineering

Secara umum pengertian dari *Value Engineering* adalah teknik yang menggunakan pendekatan dengan menganalisis nilai terhadap fungsinya. proses yang ditempuh adalah menekankan pengurangan biaya sejauh mungkin dengan

tetap memelihara kualitas serta reabilitas yang diinginkan. Sedangkan *Value Engineering* menurut para ahli adalah sebagai berikut:

- a. *Value Engineering* adalah usaha yang terorganisasi secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui yaitu teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis). (Imam Soeharto, 2001 dikutip dari *Society Of American Value Engineers*)
- b. *Value Engineering* adalah evaluasi sistematis atas desain engineering suatu proyek untuk mendapatkan nilai yang paling tinggi bagi setiap dolar yang dikeluarkan. Selanjutnya Rekayasa Nilai mengkaji dan memikirkan berbagai komponen kegiatan seperti pengadaan pabrikasi, dan konstruksi serta kegiatan-kegiatan lain dalam kaitannya antara biaya terhadap fungsinya, dengan tujuan mendapatkan penurunan biaya proyek secara keseluruhan (*E.R. Fisk 2003*)
- c. *Value Engineering* adalah suatu pendekatan yang terorganisasi dan kreatif yang bertujuan untuk mengadakan pengidentifikasian biaya yang tidak perlu. Biaya yang tidak perlu ini adalah biaya yang tidak memberikan kualitas kegunaan, sesuatu yang menghidupkan penampilan yang baik ataupun sifat yang diinginkan oleh konsumen. (*Miles 1999 dalam Barrie dan Poulson 2000*)
- d. *Value Engineering* adalah penerapan sistematis dari sejumlah teknik untuk mengidentifikasi fungsi-fungsi suatu benda dan jasa dengan memberi nilai terhadap masing-masing fungsi yang ada serta mengembangkan sejumlah alternatif yang memungkinkan tercapainya fungsi tersebut dengan biaya total minim. (*Heller 1999 dan Hutabarat 2004*)

2.1.1 Nilai (Value)

Arti nilai (*Value*) sulit dibedakan dengan biaya (*cost*) atau harga (*Price*). Nilai mengandung anti subyektif apalagi bila dihubungkan dengan moral, estetika, sosial, ekonomi, dan lain-lain. Dalam Pembahasan *Value Engineering*, nilai hanya dikaitkan dengan ekonomi. Pengertian nilai dibedakan dengan biaya karena hal-hal sebagai berikut:

- Ukuran nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaannya sedangkan harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya atau harga komponen-komponen yang membentuk barang tersebut.

- Ukuran nilai condong kearah subyektif sedangkan biaya tergantung kepada angka (*monetary value*) pengeluaran yang telah dilakukan untuk mewujudkan barang tersebut.

2.1.2 Biaya (*Cost*)

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

Tabel 2.1 Komponen–Komponen Biaya.

Komponen	(%)
Material	30,0
Tenaga Kerja	25,0
Alat Kerja.	4,0
Engeneering	6,0
Overhead	30,0
Laba	5,0
100	

(Sumber : Soeharto, 2001)

Biaya terbesar antara lain biaya :

a. Material

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

b. TenagaKerja

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

c. Overhead

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

2.1.3 Fungsi

Menurut Crum, Fungsi adalah apa saja yang dapat diberikan atau dilakukan oleh suatu produk yang dapat digunakan untuk bekerja. Fungsi tak perlu adalah apa saja yang diberikan dan tidak mempunyai nilai kegunaan, nilai tambah, nilai tukar atau nilai estetika.

L. Miles menerangkan kategori fungsi sebagai berikut. :

- Fungsi dasar, yaitu alasan pokok sistem itu terwujud. Contohnya konstruksi pondasi, fungsi pokoknya menyalurkan beban bangunan kepada tanah dasar, hal tersebut yang mendorong pembuatan konstruksi pondasi. Sifat-sifat fungsi dasar adalah sekali ditentukan tidak dapat diubah lagi. Bila fungsi dasarnya telah hilang, maka hilang pula nilai jual yang melekat pada fungsi tersebut.
- Fungsi sekunder, adalah kegunaan tidak langsung untuk memenuhi dan melengkapi fungsi dasar, tetapi diperlukan untuk menunjangnya. Fungsi sekunder seringkali dapat menimbulkan halhal yang kurang menguntungkan. Misalnya struktur pondasi Basement dapat digunakan sebagai ruang parkir atau penggunaan lainnya, tetapi dapat mengakibatkan terjadinya perubahan muka air tanah. Jika fungsi sekunder dihilangkan, tidak akan mengganggu kemampuan dari fungsi utama.
- Fungsi tak perlu adalah apa saja yang diberikan dan tidak mempunyai nilai kegunaan, nilai tambah, nilai tukar atau nilai estetika.

2.1.3 *Benefit* (Manfaat)

Benefit adalah manfaat, faedah, keuntungan atau kegunaan yang didapatkan oleh satu pihak dari pihak lainnya dan merupakan bagian dari laba atau keuntungan.

Manfaat *value engineering* dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Berkurangnya biaya proyek;
2. Meningkatkan kualitas proyek;
3. Meningkatkan kepuasan pelanggan;
4. Nilai (*value*) proyek lebih meningkat;
5. Meningkatkan produktifitas.

2.3. Faktor-Faktor Penggunaan Value Engineering

Menurut Tugino (2004), faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penggunaan rekayasa nilai diantaranya:

1. Tersedianya data-data perencanaan. Data-data perencanaan di sini adalah data-data yang berhubungan langsung dengan proses perencanaan sebuah bangunan yang dibangun dan akan diadakan *Value Engineering*.
2. Biaya awal (*Initial Cost*).
3. Biaya awal disini adalah biaya yang dikeluarkan mulai awal pembangunan sampai pembangunan tersebut selesai.
4. Persyaratan operasional dan perawatan.
5. Dalam suatu *Value Engineering* juga harus mempertimbangkan nilai operasional dan perawatan dalam alternatif-alternatif yang disampaikan melalui analisis *Value Engineering* dengan jangka waktu tertentu.
6. Ketersediaan material
7. Material yang digunakan sebagai alternatif-alternatif dalam analisis *Value Engineering* suatu pembangunan atau pekerjaan tiap item pekerjaan harus mempunyai kemudahan dalam mencarinya dan tersedia dalam jumlah yang cukup di daerah proyek.
8. Penyesuaian terhadap standar

9. Penyesuaian yang dimaksud di sini adalah semua alternatif-alternatif yang digunakan harus mempunyai standar dalam pembangunan baik akurasi dimensi, persisinya, maupun kualitasnya
10. Dampak terhadap penggunaan
11. Dampak terhadap penggunaan di dalam *Value Engineering* suatu bangunan harus mempunyai dampak positif kepada pengguna dari segi keamanan maupun kenyamanan.

2.4. Karakteristik Value Engineering

Menurut Hutabarat (1995), karakteristik dalam *Value Engineering* diantaranya:

- a) Berorientasi pada fungsi

Dalam *Value Engineering* mengidentifikasi fungsi komponen yang dibutuhkan.

- b) Berorientasi pada sistem (sistematik)

Dalam mengidentifikasi seluruh dimensi permasalahan (proses dan biaya) saling melihat keterkaitan antara komponen-komponennya dan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu.

- c) Multi disiplin ilmu

Melibatkan berbagai disiplin keahlian karena semua dibahas di dalam *Value Engineering* yaitu *Value Engineering* itu sendiri.

- d) Berorientasi pada siklus hidup produk

Melakukan analisis terhadap biaya total untuk memiliki dan mengoperasikan fasilitas selama siklus hidupnya. Jika siklus hidup pendek maka perlu mempertimbangkan apakah investasi yang dilakukan akan menghasilkan keuntungan.

e) Pola pikir kreatif

Proses perancangan harus dapat mengidentifikasi alternatif-alternatif pemecahan masalah sehingga akan banyak pilihan.

2.5. Tahapan-Tahapan Value Engineering

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, *Value Engineering* dikerjakan oleh suatu tim yang terdiri dari berbagai disiplin ilmu. Tim ini bekerja sama secara sistematis mengikuti rencana kerja *Value Engineering*. Rencana kerja digunakan karena terbukti dapat mereduksi ongkos pembuatan produk dan dapat memberikan efektifitas yang maksimal.

Menurut Hutabarat (1995) tahapan dalam melakukan aplikasi rekayasa dibagi menjadi 5 (lima) yaitu :

- Tahap informasi
- Tahap kreatif
- Tahap analisis
- Tahap pengembangan
- Tahap rekomendasi

Untuk lebih jelasnya, tahap-tahap tersebut akan diuraikan sebagai berikut :

2.5.1 Tahap Informasi

Tahap informasi adalah tahap mengumpulkan sebanyak mungkin data mengenai proyek. Proses di mana mencari informasi mengenai pekerjaan tiap komponen, sedangkan dalam penelitian ini menggunakan komponen pelat yang akan dilakukan *Value Engineering*.

2.5.2 Tahap Kreatif

Tahap kreatif adalah suatu tahap di mana muncul alternatif-alternatif yang digunakan dalam melakukan analisis *Value Engineering* pada komponen pembangunan tersebut. Alternatif tersebut dapat dikaji dari segi bahan, dimensi, waktu pelaksanaan, biaya pelaksanaan dan lain-lain. Pada tahap ini juga dituliskan alasan dilakukan *Value Engineering* pada tiap elemen dan kelebihan, kekurangan setiap alternatif yang dimunculkan.

2.5.3 Tahap Analisis

Tahap analisis adalah tahap di mana melakukan analisis terhadap alternatif-alternatif yang dipakai dalam item pekerjaan baik dari segi analisis perhitungan kontruksi maupun perhitungan biaya pekerjaan. Dalam tahap analisis ini akan dapat diketahui alternatif terbaik yang dapat dipakai/digunakan dalam item pekerjaan bangunan tersebut.

2.5.4 Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan merupakan tahap di mana akan muncul perbandingan nilai / biaya antara *existing* dan alternatif yang dipakai setelah adanya penambahan nilai *maintenance cost* dalam beberapa kurun waktu bangunan. Selain itu juga akan muncul berapa *cost saving*. Sehubungan dengan pekerjaan komponen pelat tidak terdapat biaya *maintenance* maka pada *Value Engineering* pada komponen tersebut tidak ada tahap pengembangan.

2.5.5 Tahap Rekomendasi

Tahap rekomendasi adalah tahap di mana berisi rencana awal item pekerjaan yang di *value Engineering*, usulan yang terbaik, dasar pertimbangan memilih usulan atau alternatif yang terbaik dan diskusi yang berisi tentang nilai penghematan yang didapat dari usulan yang dipilih.

2.6. Pengertian *Business Process Re-Engineering*

Re-engineering atau rekayasa ulang merupakan perancangan Kembali pada proses bisnis yang sedang berjalan saat ini dengan penekanan pada pengurangan biaya dan waktu agar mencapai pada kepuasan konsumen. *Re-engineering* atau rekayasa ulang ini sangat memungkinkan untuk dilaksanakan karena dalam suatu organisasi terdapat beberapa departemen dan unit kerja yang bekerja sama di dalamnya tidak ada proses kepemilikan secara individu. Dengan terjadinya hal-hal tersebut akan terjadinya siklus biaya dan waktu berakibat buruk dan rendahnya kepuasan pelanggan. Oleh sebab itu , *Re-engineering* sangat penting dan menjadi solusi yang saling menguntungkan

2.6.1 Prinsip *Business Process Re-Engineering*

Secara ekstrim, dapat dikatakan bahwa BPR menganggap dan mengandaikan bahwa proses yang digunakan sekarang sudah tidak relevan lagi, tidak layak lagi,

sudah kadaluwarsa, jadi harus dilupakan dan ditinggalkan saja. Sikap semacam ini memungkinkan para *designer* proses bisnis tidak untuk terikat lagi pada proses yang lama, namun dapat terfokus pada proses yang sama sekali baru.

A. Bagaimana *Re-engineering* dilakukan

Langkah-langkah besar yang perlu dilakukan untuk melakukan *reengineering* dapat dijelaskan seperti dibawah ini :

1. Memposisikan diri untuk perubahan
2. Melakukan diagnose mengenai proses sekarang
3. Mendesain Kembali proses
4. Tansisi menuju desain baru

B. Alasan dan Bilamana Melakukan *Reengineering*

Untuk beberapa tahun lamanya telah terbukti bahwa suatu perusahaan akan merasa aman dan dapat meangsungkan dan mengembangkan kehidupannya apabila dapat bersaing dalam salah satu dari 3 bidang sebagai berikut :

1. Biaya/Produktivitas
2. Mutu/layanan
3. Kecepatan/fleksibilitas

C. Hasil Apa yang diharapkan dari *Reengineering*

Beberapa hasil langsung yang dapat diharapkan dari proses *reengineering* ini antara lain :

1. Perbaikan Proses (Seringkali 50%-100%)
2. Pengurangan biaya secara drastic
3. Kecepatan, mutu dan jasa secara dramatis dapat ditingkatkan.

Tabel 2.2 Perbedaan *Value Engineering* dan *Re-engineering*

<i>Value Engineering</i>	<i>Re-engineering</i>
<i>Value Engineering</i> merupakan Evaluasi sistematis atas desain engineering suatu proyek untuk mendapatkan nilai yang paling tinggi bagi setiap uang yang dikeluarkan dan mengkaji dan memikirkan berbagai komponen kegiatan dalam kaitannya antara biaya terhadap fungsinya dengan tujuan untuk mendapatkan	Reengineering adalah proses mengubah sebuah sistem yang nantinya mampu menambah fungsionalitas baik performa dan keandalanya dan mampu meningkatkan maintainability. Suatu sistem perlu dilakukan reengineering karena sistem yang lama tidak cocok dengan kondisi lingkungan bisnis yang terus berubah, munculnya kebutuhan

penurunan biaya proyek secara keseluruhan.	baru ketika sistem yang lama digunakan
Dasar pemikiran yang mendasari perlunya Value Engineering adalah bahwa disetiap kegiatan konstruksi selalu terdapat biaya-biaya yang tidak diperlukan. Biaya tersebut tidak terlihat atau disadari oleh pemilik, perencana maupun pelaksana kegiatan tersebut	Business Process Reengineering adalah bagian dari Reengineering. Business Process Reengineering merupakan sebuah konsep untuk mengubah ulang bisnis proses yang mempunyai titik kelemahan pada prosesnya. tujuannya untuk memperbaiki sebuah kinerja organisasi agar lebih efisien dan kompetitif
Tujuan dari Value Engineering adalah untuk memperoleh suatu produk atau bangunan yang seimbang antara fungsi-fungsi yang dimiliki dengan biaya yang dikeluarkan dengan menghilangkan biaya-biaya yang tidak perlu, tanpa harus mengorbankan mutu,keandalan. performance dari suatu produk atau bangunan tersebut (Tadjuddm BMAJ997).	Salah satu hasil dari Business Process Reengineering adalah mendapatkan sebuah peningkatan yang signifikan dari segi biaya, kecepatan, dan pelayanan. Business Process Reengineering pada organisasi diperlukan keberanian untuk melakukan perubahan secara drastis. Perubahan utama terletak pada perubahan mindset atau pola pikir yang tradisional dan terikat dengan tradisi lalu dirubah untuk memiliki inspirasi – inspirasi yang maju dan mau berkembang kearah yang lebih baik

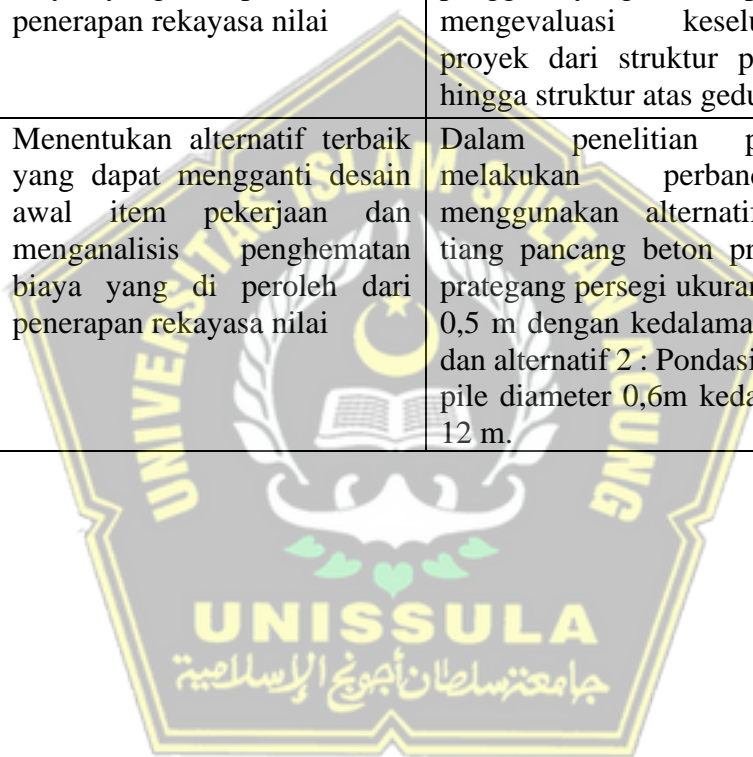
2.7. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini penulis mengambil perbandingan dengan judul-judul tesis sebelumnya. Dari penelitian-penelitian sebelumnya tersebut penulis dapat melihat adanya kesamaan maupun perbedaan hasil, yang mana perbedaan dan kesamaan hasil tersebut dapat dijadikan bahan referensi bagi penulis dalam melengkapi literatur pembahasan penelitiannya, berikut *review* penelitian terdahulu yang disajikan dalam bentuk **Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu** sebagai berikut:

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

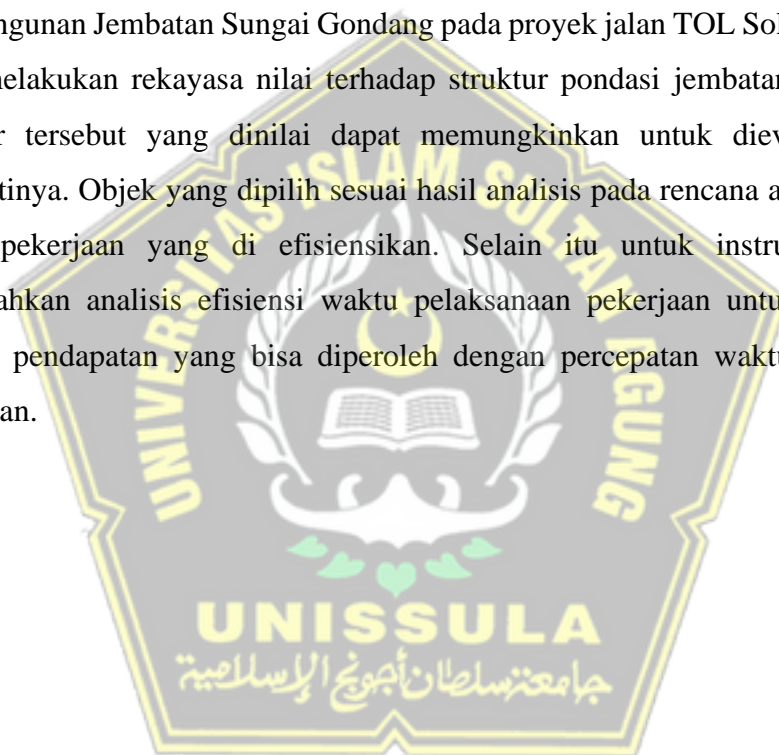
No	Judul	Peneliti	Tujuan	Hasil penelitian	Kesimpulan
1.	“Penerapan <i>value engineering</i> pada jembatan Wae Pesi Hulu di Flores, Nusa Tenggara Timur” (2019)	2013	<ul style="list-style-type: none"> menemukan alternatif terbaik yang dapat mengganti desain awal item pekerjaan menganalisis penghematan biaya yang diperoleh dari penerapan rekayasa nilai 	Hasil analisa didapatkan penghematan biaya pada satu alternative yaitu alternative penggunaan beton V prategang dengan total penghematan biaya Rp. 509.049.505.89 dari biaya sebelumnya Rp. 2.733.478.327.49 menjadi Rp. 2.224.428.821.60 yang mana hemat 18,5 % dari biaya sebelumnya.	Dengan metode rencana kerja rekayasa nilai yang terdiri dari tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa menggunakan metode AHP (Analytic Hierarchy Process) dan tahap rekomendasi berhasil menekan biaya pembangunan.
2.	Penerapan <i>value engineering</i> pada proyek konstruksi Jembatan Lemah Abang di kabupaten Gunungkidul”	Lathif,S 2018	Menentukan alternatif terbaik yang dapat mengganti desain awal item pekerjaan dan menganalisis penghematan biaya yang di peroleh dari penerapan rekayasa nilai	Dalam penelitian ini penulis melakukan perbandingan harga material sehingga mengetahui harga material pengganti yang efisien	Peneliti melakukan perbandingan harga material, hal ini dilakukan untuk menekan biaya konstruksi, sehingga dalam pengaplikasian value engineering diperoleh keuntungan dan perbandingan biaya yang lebih murah.

3.	Penerapan <i>Value Engineering</i> Pada Struktur Gedung Laboratorium Fakultas Farmasi Universitas Jember.	Iskandar,MH. 2018	Menentukan alternatif terbaik yang dapat mengganti desain awal item pekerjaan dan menganalisis penghematan biaya yang di peroleh dari penerapan rekayasa nilai	Dalam penelitian ini penulis melakukan perbandingan harga material sehingga mengetahui harga material pengganti yang efisien, penulis mengevaluasi keseluruhan proyek dari struktur pondasi hingga struktur atas gedung.	Peneliti melakukan perbandingan harga material, hal ini dilakukan untuk menekan biaya konstruksi, sehingga dalam pengaplikasian value engineering diperoleh keuntungan dan perbandingan biaya yang lebih murah.
4.	Aplikasi <i>value engineering</i> pada proyek konstruksi (Studi kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Tebet Gheban Kota Pagar Alam)	2016	Menentukan alternatif terbaik yang dapat mengganti desain awal item pekerjaan dan menganalisis penghematan biaya yang di peroleh dari penerapan rekayasa nilai	Dalam penelitian penulis melakukan perbandingan menggunakan alternatif 1 : tiang pancang beton pracetak prategang persegi ukuran 0,5 x 0,5 m dengan kedalaman 12m dan alternatif 2 : Pondasi bored pile diameter 0,6m kedalaman 12 m.	Setelah dilakukan VE diperoleh biaya alternatif satu Rp. 12.751.336.461 penghematan diperoleh sebesar Rp. 8.640.772 atau 0,1 %, dan alternatif dua diperoleh biaya Rp. 12.363.063.085 diperoleh penghematan Rp. 396.914.148 atau 3,1 %



Metode Penelitian Tugas Akhir ini mempunyai persamaan dengan penelitian terdahulu yaitu metode rencana kerja *value engineering* yang terdiri dari tahap informasi, tahap kreatif dan tahap analisa serta tahap pengembangan dan tahap rekomendasi. Selain itu, dari tabel diatas yang menjadi persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu menggunakan metode *value engineering* sesuai dengan *SAVE Standart 2007*. Metode tersebut digunakan untuk menganalisis data guna mendapatkan alternatif desain yang paling optimal dari segi biaya maupun mutu pekerjaan.

Sedangkan perbedaan penelitian Tugas Akhir ini dengan penelitian terdahulu adalah objek penelitian. Penelitian ini dilakukan pada Pekerjaan Pondasi Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Gondang pada proyek jalan TOL Solo - Ngawi dan akan melakukan rekayasa nilai terhadap struktur pondasi jembatan, dimana dua struktur tersebut yang dinilai dapat memungkinkan untuk dievaluasi desain pengantinya. Objek yang dipilih sesuai hasil analisis pada rencana anggaran biaya untuk pekerjaan yang di efisiensikan. Selain itu untuk instrument analisa ditambahkan analisis efisiensi waktu pelaksanaan pekerjaan untuk mengetahui potensi pendapatan yang bisa diperoleh dengan percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menganalisis penghematan biaya pada pekerjaan pondasi pembangunan jembatan sungai Gondang proyek jalan TOL Solo-Ngawi terhadap biaya proyek yang kurang efisien, sehingga dapat berpengaruh pada perubahan biaya sebelum dilakukan value engineering dan sesudah di lakukan value engineering.

3.1.1. Objek Penelitian

Objek penelitian pada tugas akhir ini adalah pelaksanaan Struktur Pondasi Pembangunan Jembatan Sungai Gondang Proyek Jalan TOL Solo-Ngawi STA 49+553 Jawa Tengah.

3.1.2. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam mengumpulkan data primer dengan cara observasi lapangan. Metode pengambilan data sekunder yaitu dengan mengambil data yang telah tersedia di pihak instansi dan perusahaan yang terkait dengan proyek meliputi instansi/ Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Jawa Tengah dan perusahaan kontraktor.

Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. Data Observasi

Data observasi merupakan data primer yang diperoleh dengan cara observasi lapangan dan bertujuan untuk mengetahui kondisi pada lapangan, kondisi real jembatan serta kondisi lingkungan sekitar.

2. Dokumen Detail Engineering Design (DED)

Data Detail Engineering Design (DED) merupakan dokumen gambar kerja yang dijadikan acuan dalam pembangunan jembatan nantinya. Dalam dokumen ini terdapat *shopdrawing* yang berisi gambar site plan, gambar detail serta detail konstruksi lainnya sehingga bisa dilihat rencana dan model realisasi jembatan tersebut.

3. Dokumen Engineering Estimate (EE)

Data Engineering Estimate (EE) merupakan dokumen perhitungan total biaya pembangunan jembatan. Besaran biaya yang ada pada EE merupakan besarnya nilai investasi bangunan. Dokumen ini juga dapat disebut sebagai dokumen RAB atau rencana anggaran biaya yang didalamnya terdiri dari berbagai item pekerjaan yang ada pada bangunan.. Dokumen ini merupakan dokumen biaya awal yang diharapkan setelah dilakukan VE biaya konstruksi bisa lebih efisien.

4. Dokumen Biaya Pendukung lainnya

Data ini merupakan data biaya pendukung yang dibutuhkan dalam proses pembangunan jembatan dan biaya pendukung diluar biaya fisik konstruksi.

3.1.3 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data pada penelitian ini terbagi menjadi 4 yaitu :

3.1.3.1. Tahap Informasi

Tahap ini dilaksanakan dengan tujuan memperoleh informasi sebanyak mungkin mengenai objek penelitian. Maksud dari analisa ini ialah mendeteksi item pekerjaan yang memiliki presentase biaya besar dengan beberapa Teknik sebagai berikut :

a. *Breakdown*

Pada tahap digambarkan sebagai pendistribusian biaya dari item pekerjaan dari suatu proyek. Item pekerjaan dipecahkan dari item pekerjaan berbiaya tinggi ke item berbiaya rendah. Setelah didapat urutan pekerjaan dengan presentase bobot tertinggi ke pekerjaan dengan presentase rendah kemudian total keseluruhan biaya pekerjaan tersebut dibagi dengan jumlah biaya keseluruhan proyek yang kemudian diperoleh presentase bobot pekerjaan, jika presentase bobot pekerjaan bernilai besar maka item pekerjaan tersebut berpotensi bisa dilakukan analisis *value engineering*.

b. Analisis Pareto

Tahap analisis pareto adalah menganalisis biaya paling tinggi pada proyek yang sehingga dapat dilakukan *value engineering* pada item tersebut. Pada hukum pareto berbunyi: 80% dari biaya total dikandung oleh 20% komponennya. Berikut langkah-langkah dalam pengujian hukum pareto :

1. Memilah biaya dari yang terbesar ke terkecil
2. Biaya pekerjaan total dijumlahkan secara komulatif,
3. Perhitungan presentase dilakukan pada tiap pekerjaan .
4. Menghitung persentase komulatif

c. Analisis fungsi

Analisis fungsi bertujuan untuk:

1. Mengklasifikasikan fungsi-fungsi utama (*primary function*) maupun fungsi-fungsi penunjang (*secondary function*)
2. Mendapatkan perbandingan antara biaya dengan nilai manfaat yang dibutuhkan untuk menghasilkan fungsi tersebut dengan rumus:

$$\text{Indeks Nilai} = \frac{\text{Indeks Nilai Tukar}}{\sum \text{Indeks Nilai Primer}} \dots\dots\dots (3.1)$$

3.1.3.2. Tahap Kreatif

Diperlukan kreatifitas untuk bisa melakukan analisa *value engineering* dimana nantinya kreatifitas ini diperlukan untuk memunculkan gagasan alternatif desain yang dapat menggantikan desain lama tanpa mengurangi nilai fungsi. Alternatif-alternatif tersebut dapat ditinjau dari berbagai aspek, diantaranya :

1. Bahan atau material

Pemunculan penggunaan alternatif bahan dilatarbelakangi dengan banyaknya jenis material dengan seiring berkembangnya teknologi dimana hal ini memaksa penyedia jasa berspekulasi dengan mencetuskan ide alternatif material tanpa mengurangi kekuatan dan spesifikasinya. Dengan demikian, maka pemilihan alternatif bahan dapat dilakukan dalam analisis *Value Engineering*. Pencarian bahan dengan mutu, kualitas dan fungsi yang sama dengan rencana awal tapi dengan harga lebih rendah dapat dilakukan.

2. Cara atau metode pelaksanaan pekerjaan

Teknis pelaksanaan selalu dianggap sebagai salah satu rangkaian kerja yang sangat vital, karena sedikit kesalahan dalam memilih teknis pelaksanaan dan lemahnya manajemen proyek berakibat keterlambatan waktu dan pembengkakan biaya.

Dengan perkembangan teknologi yang canggih seharusnya dalam pelaksanaan proyek konstruksi dapat dilaksanakan dengan berbagai macam teknis dari yang dianggap masih sangat sederhana dengan menggunakan banyak tenaga manusia sampai teknis yang serba canggih dengan bantuan alat berat dan teknologi lainnya. Metode pelaksanaan juga dipengaruhi oleh kualitas sumber daya yang ada didalam lingkup proyek tersebut. Maka dalam analisis *Value Engineering* dapat berpedoman pada metode pelaksanaan, karena semakin pendek waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan dan dengan peralatan yang optimal, maka semakin kecil pula biaya yang dikeluarkan.

3. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Waktu pelaksanaan pekerjaan dirancang sedemikian untuk mengontrol jalannya suatu proyek supaya tidak *overtime* dengan menganalisa pekerjaan kritis dan semi kritis lalu dilakukan proses *network planning* yang diharapkan seluruh pekerjaan yang berada dijalur kritis tidak mengalami keterlambatan dan pekerjaan semi kritis pelaksanaannya dapat dilaksanakan bebarengan dengan pekerjaan semi kritis lainnya. Dengan demikian, alternatif pengurangan waktu pelaksanaan dapat dijadikan pedoman karena akan berpengaruh pada perhitungan anggaran biaya.

Tabel 3.1 Alternatif-alternatif pekerjaan

No	Alternatif	Material Asli	Material Pengganti
1	Penggantian pondasi	<i>Bored Pile</i>	Tiang Pancang

Sumber : Hasil Olahan Data Sekunder, 2023

3.1.3.3. Tahap Analisis

Tahap ini dilakukan analisis terhadap alternatif-alternatif ide yang muncul pada tahap kreatif, untuk melihat apakah ide tersebut dapat dikembangkan lebih lanjut dan dapat digunakan sebagai rekomendasi atau tidak.

Analisa ini dilakukan dengan analisa kelebihan dan kelemahan dimana nantinya pada tahap ini muncul gagasan ide alternatif desain yang terbaik dan berpotensi dapat dilakukan analisa.

Analisis daya dukung pondasi adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi kelompok tiang

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right] \dots\dots\dots (3.2.)$$

Dimana,

Eff : Efisiensi kelompok tiang pancang

θ : arc tg (D/S)

D : Diamter tiang pancang (m)

S : Jarak antar tiang dari pusat ke pusat (m)

m : Jumlah baris tiang

n : Jumlah tiang per baris

2. Beban maksimum yang diterima tiang

$$Pmaks = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{My \cdot Xmaks}{\sum x^2} + \frac{Mx \cdot Ymaks}{\sum y^2} \dots\dots\dots (3.3.)$$

Dimana,

Pmaks : Kapasitas beban tiang

$\sum V$: Jumlah total beban kerja vertikal

My : Momen yang bekerja mengitari sumbu y

Mx : Momen yang bekerja mengitari sumbu x

Xmaks : Absis tiang pancang terjauh terhadap titik berat kelompok tiang pancang

Ymaks : Ordinat tiang pancang terjauh terhadap titik berat kelompok tiang pancang

$\sum x^2$: Jumlah jarak kuadrat tiang arah x

$\sum y^2$: Jumlah jarak kuadrat tiang arah y

3. Daya Dukung kelompok tiang Berdasarkan Data SPT

$$Pn = 40 * Nb * Ab + \check{N} * As \quad (kN) \dots\dots\dots (3.4.)$$

dan harus $\leq Pn = 380 * \check{N} * Ab \quad (kN)$

Dimana :

Nb = nilai SPT di sekitar dasar tiang, dihitung dari 8D di atas dasar tiang s.d 4D di bawah dasar tiang.

\check{N} = nilai SPT rata – rata di sepanjang tiang.

Ab = luas dasar tiang (m²)

A_s = luas selimut tiang (m^2)

4. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_g = E \times m_n \times Q_t \dots \dots \dots (3.5.)$$

Dimana :

Q_g = daya dukung kelompok tiang

E = efisiensi tiang

m_n = jumlah tiang

Q_t = daya dukung satu tiang

Pada akhir tahap analisis akan dilakukan :

1. Penentuan alternatif desain yang dapat digunakan di dalam penelitian, berdasarkan rencana kerja rekayasa nilai (*value engineering job plan*).
2. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya untuk setiap alternatif desain yang telah dilakukan value engineering dengan rumus :

$$\text{Total Biaya} = \sum \text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \dots \dots \dots (3.6.)$$

3. Membandingkan atau mengkomparasi rencana anggaran biaya sebelum dengan sesudah analisis value engineering sehingga diperoleh alternatif desain yang memiliki biaya yang terendah, serta menganalisis alternatif desain yang memiliki nilai manfaat bersih paling tinggi dengan rumus :

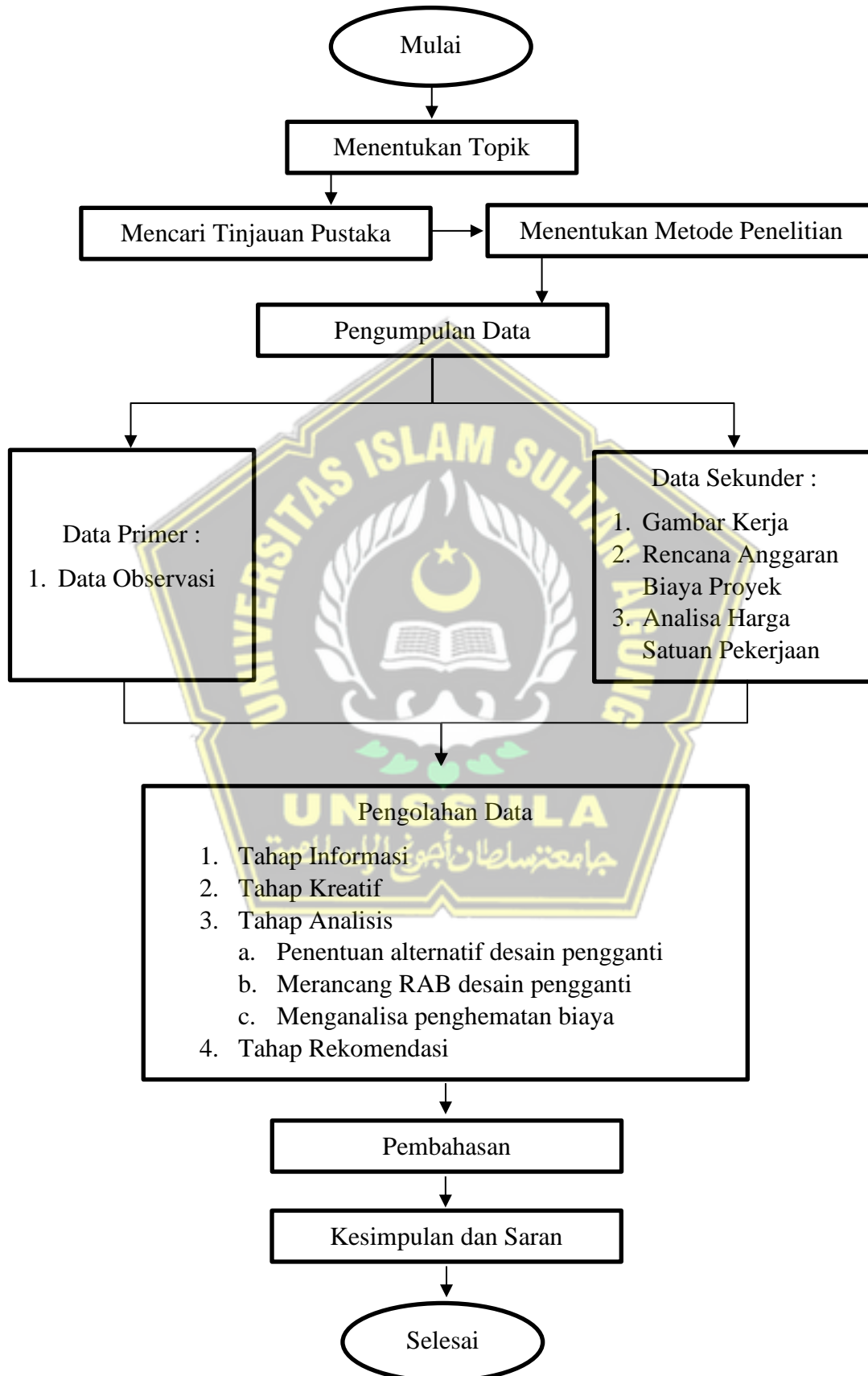
3.1.3.4. Tahap Rekomendasi

mencetuskan sebuah gagasan yang nantinya dapat dijadikan suatu rekomendasi yang dilengkapi sebuah informasi dan analisa perhitungan dari gagasan ide-ide alternatif dengan mempertimbangkan metode maupun teknis pelaksanaan serta efisiensi yang bisa didapat. Langkah langkah tahapan rekomendasi adalah sebagai berikut :

- Membuat komparasi gagasan ide-ide alternatif.
- mengkomparasikan gagasan ide-ide alternatif dengan gagasan awal. didalam tahap rekomendasi berisikan usulan gagasan baru yang telah direkomendasikan dan telah dipertimbangkan.

3.2 Bagan Alir

Berdasarkan tahap-tahap penelitian yang telah dijelaskan, berikut adalah bagan alir atau flow chart untuk memudahkan dalam memahami alur tahapan penelitian.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Proyek

Pada penyusunan tugas akhir ini penulis melakukan pengumpulan data-data proyek terlebih dahulu. Data tersebut merupakan data primer dan sekunder yang akan dipergunakan dalam penyusunan tugas akhir.

4.1.1. Data Umum Proyek

Data umum proyek didapatkan dengan cara survey lapangan pada tanggal 6 Juni 2022. Adapun data umum dari Jembatan Sungai Gondang adalah sebagai berikut:

Ruas Jalan (Lokasi) : Ruas TOL Solo – Ngawi STA 49+553

Nilai Proyek : Rp 11.931.440.000,00

Bentang Jembatan : 30.8 meter

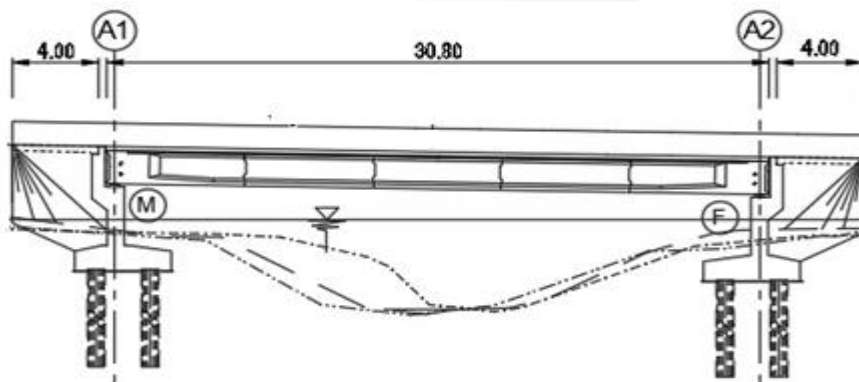
Lebar Jembatan : 25.2 meter

Jenis Pondasi : Bored Pile diameter 80 cm

Pemilik (*Owner*) : PT. Jasamarga Solo Ngawi

Penyedia Jasa : PT. Waskita Karya

Konsultan Supervisi : PT. Virama Karya

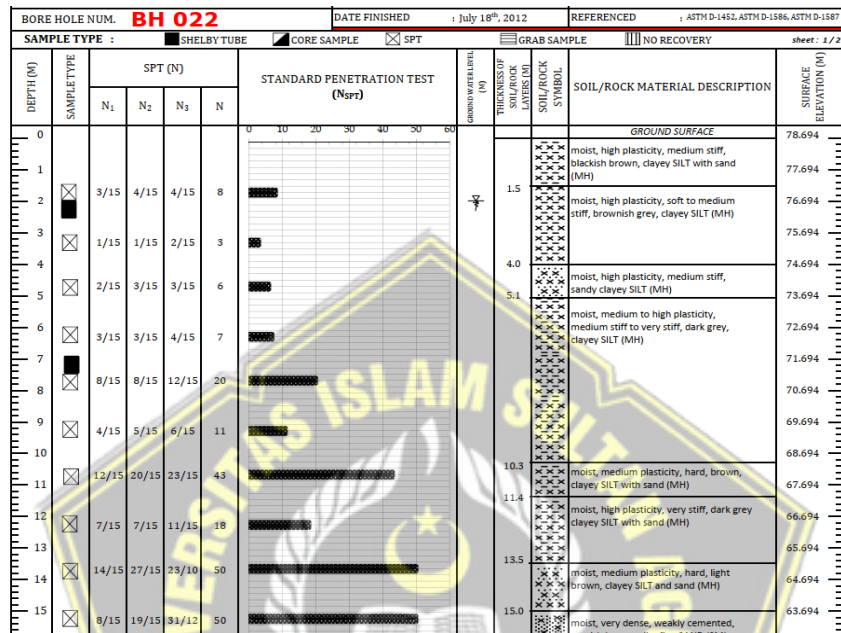


Gambar 4.1 Potongan Memanjang Jembatan Sungai Gondang

(Sumber : gambar kerja)

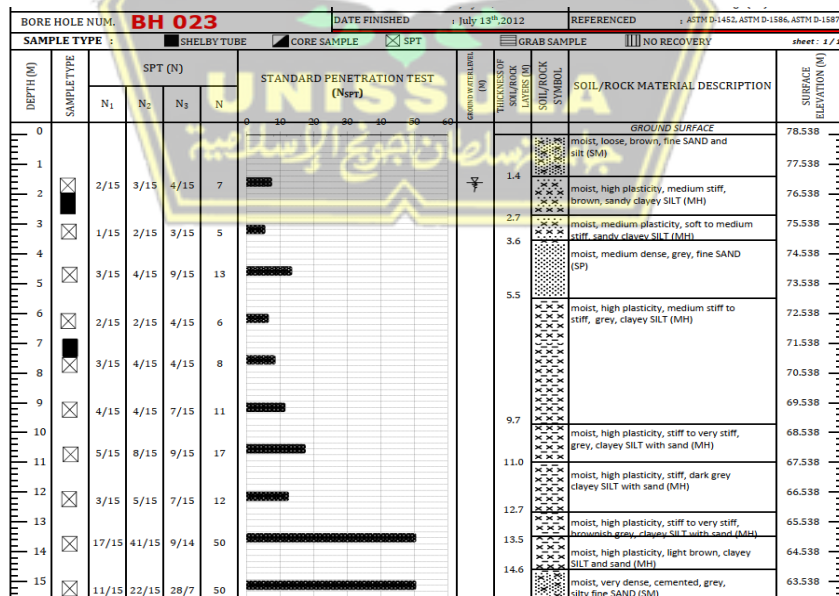
4.1.2. Data Tanah

Data tanah merupakan data teknis yang diperoleh dari kontraktor pelaksana, diperoleh dengan cara permohonan data dokumen proyek kepada kontraktor (PT. Waskita Karya) pada tanggal 16 Mei 2022. Berikut data tanah berupa Bor Log dari Jembatan Sungai Gondang.



Gambar 4.2. Bor Log BH-022 (kiri)

(Sumber : PT. Waskita Karya)



Gambar 4.3. Bor Log BH-023 (kanan)

(Sumber : PT. Waskita Karya)

4.1.3. Data Biaya Proyek

Data biaya proyek berisi uraian pekerjaan yang menjadi lingkup pekerjaan dalam suatu proyek, data ini diperoleh dari dokumen proyek terkait (lampiran 4.2), adapun data biaya proyek terangkum dalam rencana anggaran biaya proyek pembangunan jembatan sungai Gondang sebagai berikut :

Tabel 4.1. Rekapitulasi Anggaran Biaya Proyek Pembangunan Jembatan Gondang

No	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)	
I	Pekerjaan Persiapan	Rp	1.121.331.712,00
II	Pekerjaan Tanah	Rp	70.556.347,76
III	Pekerjaan Pondasi	Rp	2.084.433.653,31
IV	Pekerjaan Struktur	Rp	6.409.268.344,10
V	Pekerjaan Perkerasan	Rp	803.065.435,36
VI	Pekerjaan Akhir	Rp	358.111.967,88
Jumlah		Rp	10.846.767.460,41
PPN 10%		Rp	1.084.676.746,04
Jumlah Total		Rp	11.931.444.206,45
Dibulatkan		Rp	11.931.440.000,00
<i>Terbilang : "Sebelas milyar Sembilan Ratus Tiga Puluh Satu Juta Empat Ratus Empat Puluh Empat Ribu Rupiah"</i>			

(Sumber : dokumen kontrak)

Data Pembebanan *Abutment* : terlampir pada lampiran 1.

Data AHSP dan RAB : terlampir pada lampiran 2.

4.2. Analisis *Value Engineering*

Berikut merupakan inti dari pembahasan pada penelitian ini yang terdiri dari empat tahapan yaitu tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisis, dan tahap rekomendasi.

4.2.1. Tahap Informasi

Tahap informasi merupakan tahap awal dari *value engineering* yang berfungsi untuk mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya mengenai penelitian yang akan diteliti.

a) *Breakdown cost model* dan grafik pareto

Dalam melakukan identifikasi pekerjaan, peneliti menggunakan metode *breakdown cost model* (tabel 2.1). Dimana *breakdown cost model* yaitu metode dengan cara mengurutkan item pekerjaan dari yang terbesar hingga terkecil dengan ditunjukkan oleh persentase masing-masing pekerjaan pada Proyek Pembangunan Jembatan

Sungai Gondang yang kemudian dilanjutkan dengan menggunakan analisis pareto, yang dapat dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 4.2. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)	
I	Pekerjaan Persiapan	Rp	1.121.331.712,00
II	Pekerjaan Tanah	Rp	70.556.347,76
III	Pekerjaan Pondasi	Rp	2.084.433.653,31
IV	Pekerjaan Struktur	Rp	6.409.268.344,10
V	Pekerjaan Perkerasan	Rp	803.065.435,36
VI	Pekerjaan Akhir	Rp	358.111.967,88
Jumlah		Rp	10.846.767.460,41
PPN 10%		Rp	1.084.676.746,04
Jumlah Total		Rp	11.931.444.206,45
Dibulatkan		Rp	11.931.440.000,00
<i>Terbilang : "Sebelas milyar Sembilan Ratus Tiga Puluh Satu Juta Empat Ratus Empat Puluh Empat Ribu Rupiah"</i>			

(Sumber : dokumen kontrak)

Dari hasil rekapitulasi rencana anggaran biaya (lampiran 2) kemudian dilanjutkan proses analisis dengan penggunaan metode *breakdown cost model* dengan membandingkan biaya satu item pekerjaan dengan biaya total proyek untuk mendapatkan presentasi bobot pekerjaan.

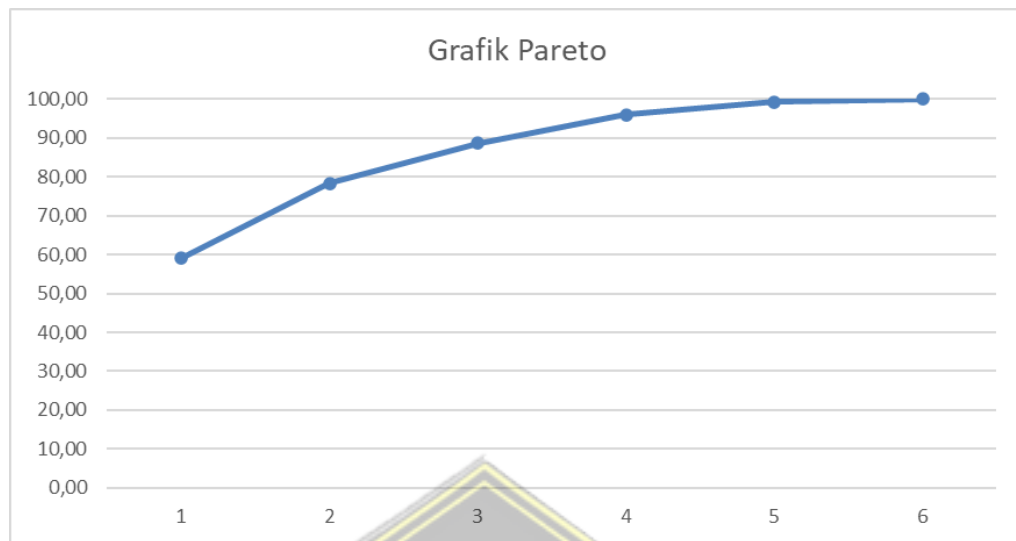
Tabel 4.3. *Breakdown Cost Model* Rencana Anggaran Biaya

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan		%	Kumulatif	%
1	Pekerjaan Struktur	Rp	6.409.268.344,10	59,09	Rp 6.409.268.344,10	59,09
2	Pekerjaan Pondasi	Rp	2.084.433.653,31	19,22	Rp 8.493.701.997,41	78,31
3	Pekerjaan Persiapan	Rp	1.121.331.712,00	10,34	Rp 9.615.033.709,41	88,64
4	Pekerjaan Perkerasan Aspal	Rp	803.065.435,36	7,40	Rp 10.418.099.144,77	96,05
5	Pekerjaan Akhir	Rp	358.111.967,88	3,30	Rp 10.776.211.112,65	99,35
6	Pekerjaan Tanah	Rp	70.556.347,76	0,65	Rp 10.846.767.460,41	100,00
Jumlah Harga Pekerjaan		Rp	10.846.767.460,41	100,00		

(Sumber : dokumen kontrak)

Setelah dilakukan analisis pekerjaan menggunakan metode *breakdown cost model* (tabel 4.3) kemudian dilakukan analisis pareto dengan menganalisa biaya paling tinggi pada proyek sehingga dapat dilakukan value engineering pada item tersebut. Analisis pareto disajikan secara grafik.

Tabel 4.4. Grafik Pareto Rencana Anggaran Biaya



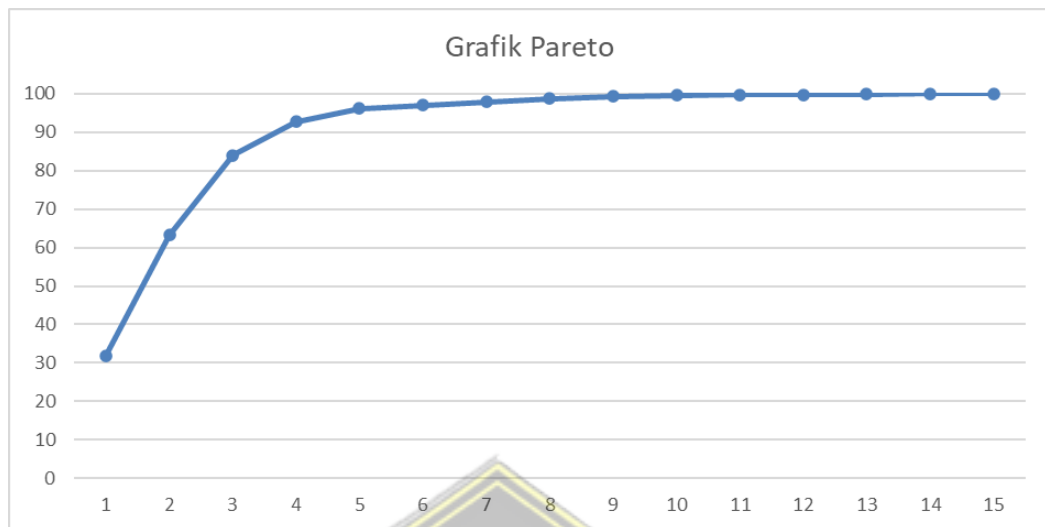
Setelah dilakukan analisa pareto, seluruh biaya pekerjaan proyek dapat dilihat dan disimpulkan bahwa pekerjaan yang memiliki bobot terbesar yaitu pekerjaan struktur dan pekerjaan pondasi. Setelah mengetahui presentase bobot tertinggi dan terendah kemudian seluruh item pekerjaan yang terpilih di analisa kembali dengan metode yang sama *breakdown cost model* lalu disajikan secara grafik pada item pekerjaan terpilih.

Tabel 4.5. *Breakdown Cost Model* Pekerjaan Struktur dan pondasi

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan	%	Kumulatif	%
Pek. Struktur dan Pondasi					
1	Pengadaan Girder PC-I	Rp 2.691.780.000,00	31,69	Rp 2.691.780.000,00	31,69
2	Penulangan Abutment + Sayap	Rp 2.683.946.245,20	31,60	Rp 5.375.726.245,20	63,29
3	Penulangan Bored Pile	Rp 1.755.436.541,83	20,67	Rp 7.131.162.787,03	83,96
4	Pengecoran Abutment + Sayap	Rp 746.561.392,93	8,79	Rp 7.877.724.179,96	92,75
5	Pengecoran Bored Pile	Rp 286.006.135,48	3,37	Rp 1.032.567.528,40	96,12
6	Pengecoran Plat Injak	Rp 80.542.800,58	0,95	Rp 1.113.110.328,98	97,06
7	Stressing Girder PC-I	Rp 74.520.000,00	0,88	Rp 1.187.630.328,98	97,94
8	Penulangan Plat Injak	Rp 72.817.717,00	0,86	Rp 1.260.448.045,98	98,80
9	penegeboran Bored Pile	Rp 42.990.976,00	0,51	Rp 1.303.439.021,98	99,30
10	Bekisting Abutment	Rp 19.185.212,00	0,23	Rp 1.322.624.233,98	99,53
11	Erection Girder PC-I	Rp 13.137.600,00	0,15	Rp 1.335.761.833,98	99,68
12	Begisting Plat Injak	Rp 8.721.456,00	0,10	Rp 1.331.345.689,98	99,79
13	Pekerjaan Lantai Kerja	Rp 8.445.864,39	0,10	Rp 1.339.791.554,37	99,89
14	Urugan Pasir Lantai Kerja	Rp 6.754.104,00	0,08	Rp 1.346.545.658,37	99,97
15	Bekisting Lantai Kerja	Rp 2.855.952,00	0,03	Rp 1.349.401.610,37	100,00
Jumlah Harga Pekerjaan		Rp 8.493.701.997,41	100,00		

(Sumber : dokumen kontrak)

Tabel 4.6. Grafik Pareto Rencana Anggaran Biaya



Dari hasil grafik pareto pada divisi struktur dan pondasi jembatan diperoleh pekerjaan berbobot besar yaitu:

- a) Pengadaan girder PC-I
- b) Penulangan abutment dan sayap
- c) Penulangan bored pile
- d) Stressing Girder
- e) Pekerjaan erection girder
- f) Pengecoran abutmen

Dalam grafik pareto keseluruhan divisi pekerjaan pembangunan jembatan diperoleh divisi pekerjaan berbobot besar yaitu pekerjaan struktur dan pekerjaan pondasi. Dengan mempertimbangkan hasil analisa *breakdown* dan grafik pareto, dapat diperoleh kesimpulan pengaplikasian analisa *value engineering* dilakukan pada pekerjaan struktur dan pondasi *bored pile*. Pada pekerjaan pondasi *bored pile* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Jenis Pondasi : Bored Pile
- Diameter : 80 cm
- Panjang Tiang : 14 m
- Jumlah Tiang : 16 bh

b) Analisis Fungsi

Pada penelitian *value engineering* kali ini, peneliti akan berfokus pada pekerjaan pondasi. Pondasi sendiri merupakan bagian struktur bawah (*sub structure*) pada suatu konstruksi yang mempunyai fungsi untuk menahan beban pondasi itu sendiri dan struktur di atasnya, lalu meneruskannya ke tanah di bawahnya.

Pada Langkah analisis fungsi dilakukan identifikasi fungsi pondasi rencana asli dari proyek yaitu pondasi *bored pile* dengan menggunakan kata kerja dan kata benda, selanjutnya dilakukan perbandingan antara nilai tukar dengan nilai primer. Analisa fungsi pada pekerjaan pondasi didasarkan dari data pondasi yang ada pada tabel 4.5 dengan metode analisis rumus 3.1, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7. Analisis Fungsi Pekerjaan Pondasi

No.	Pekerjaan	Kata Benda	Kata Kerja	Fungsi	Indeks Nilai Primer	Indeks Nilai Tukar
1	Penulangan Bored Pile	Penulangan	Merangkai	primer	Rp 1.755.436.541,83	Rp 8.493.701.997,41
2	Pengecoran Bored Pile	Pengecoran	Menuang Agregat	primer	Rp 286.006.135,48	
3	pengeboran Bored Pile	pengeboran	Melubangi tanah	primer	Rp 42.990.976,00	
				Jumlah Rp	Rp 2.084.433.653,31	Rp 8.493.701.997,41
				indeks nilai tukar/nilai primer		4,07

(Sumber : Penulis)

Pada item pondasi *bored pile* dan diperoleh indeks nilai 4,07 dimana ketentuan kelayakan dilakukan *value engineering* apabila indeks nilai lebih dari 1, sehingga item tersebut layak untuk dilakukan *value engineering*.

4.2.2. Tahap Kreatif

Setelah mengetahui bahwa pondasi layak untuk dilakukan *value engineering* maka tahap berikutnya adalah tahap kreatif dimana akan dilakukannya alternatif pengganti desain awal. Beberapa alternatif pekerjaan sebagai berikut :

1. Pondasi Existing : *Bored Pile* Diameter 0.8 m

a. Alternatif I → Pondasi bored pile diameter 1 m

Alasan dipilihnya alternatif bored pile diameter 1 m adalah karena merupakan diameter yang mendekati dimensi pondasi awal, selain itu alat bor tersedia dari diameter 30 cm hingga 150 cm dengan selisih 10 cm per tipe sehingga alat bor diameter 100 cm juga tersedia.

b. Alternatif II → Pondasi tiang pancang bulat pracetak diameter 0,6 m

Alternatif II digunakan tiang pancang bulat pracetak diameter 0,6 m karena menggunakan beton *precast* sehingga harus mengikuti dimensi yang tersedia pada pabrik produsen yang dapat dilihat di lampiran 4.3.

c. Alternatif III → Pondasi tiang pancang bulat pracetak diameter 0,8 m

Alternatif III digunakan tiang pancang bulat pracetak diameter 0,8 m menggunakan beton *precast*, dimensi ukuran yang sama dengan pondasi existing serta tersedia pada pabrik produsen yang dapat dilihat di lampiran 4.3.

Beberapa faktor yang dijadikan pertimbangan dalam memberikan alternatif untuk pekerjaan pondasi adalah:

- a. Daya dukung pondasi;
- b. Metode pelaksanaan;
- c. Biaya.

4.2.3. Tahap Analisa

Tahap analisa merupakan tahap untuk mengevaluasi, menganalisis alternatif yang dipilih pada tahap kreatif. Hal yang akan dilakukan pada tahap analisa adalah sebagai berikut:

- 1) Analisa kapasitas daya dukung tiang;
- 2) Metode pelaksanaan pondasi;
- 3) Volume Pekerjaan
- 4) Komparasi Biaya

a. Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi

Analisa kapasitas daya dukung pondasi dilakukan berdasarkan data pembebanan abutmen sebagaimana lampiran 1. Perhitungan dilakukan dengan rumus 3.5. Analisa perhitungan sebagai berikut :

1. Perhitungan Existing Tiang Bored Pile 80 Cm

Rencana Tata Letak Pondasi *Bored pile*

- Nilai S
 - $S' \geq 1,25 D$
 $S' \geq 1,25 \times 0,8$
 $S' \geq 1 \text{ m}$
 - $2,5 D \geq S \geq 3D$
 $2,5 \times 0,8 \geq S \geq 3 \times 0,8$
 $2 \text{ m} \geq S \geq 2,4 \text{ m}$
 - Jumlah baris (n) = 2 buah
 - Jumlah kolom (m) = 8 buah
 - Jumlah total (mxn) = 16 buah

Pondasi Bor yang direncanakan adalah pondasi bor dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Diameter pondasi bor : 0.8 m
- Mutu : K-350 ($f_c' = 30 \text{ Mpa}$)
- \emptyset tulangan ulir : 16 – 25 mm
- Kedalaman Pondasi Bor : 14,0 m

• Luas Per *Bored pile*

$$\begin{aligned} A_p &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right) \\ &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2\right) \\ &= 0,502 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

• Berat Per *Bored pile*

$$\begin{aligned} G_s &= A_p \times D_f \times \gamma_c \\ &= 0,502 \times 14 \times 25 \\ &= 175,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Luas Selimut PerBored pile

$$\begin{aligned} A_s &= (\pi \times D \times D_f) \\ &= (\pi \times 0,8 \times 14) \\ &= 35,18 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Efisiensi Kelompok Bored Pile

Efisiensi pile group dihitung dengan rumus "Uniform Building Code (AASHTO)" yaitu :

$$E = 1 - \frac{\theta^{\circ}}{90^{\circ}} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right]$$

Rumus ini dapat digunakan jika :

$$S < \frac{1,66 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$$

$$S < \frac{1,66 \cdot 0,8 \cdot 8 \cdot 2}{8+2-2}$$

$$2 < 2,656 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

$$\theta = \text{arc. tan} \frac{0,8}{2,50} = 21,801$$

$$E = 1 - \frac{21,801^{\circ}}{90^{\circ}} \left[\frac{(2-1) \cdot 8 + (8-1) \cdot 2}{8 \cdot 2} \right] = 0,77$$

Beban Maksimum yang Dapat Diterima Bored pile

Dari hasil perhitungan kombinasi pembebanan ditinjau dari titik A dan B, digunakan hasil perhitungan yang mempunyai gaya dan momen yang terbesar, yaitu

$$V = 45047,6 \text{ kN}$$

$$M_y = 109553,66 \text{ kNm}$$

$$M_x = 2321,24 \text{ kNm}$$

Beban maksimum yang dapat diterima bored pile dihitung dari beban maksimum yang diterima. Tinjauan maksimum terhadap bored pile dimana harga :

$$\text{Absis (X maks)} = 11,545 \text{ m}$$

$$\text{Ordinat (Ymaks)} = 1,25 \text{ m}$$

$$\sum X^2 = ((11,545^2 \times 8) + (1,045^2 \times 8)) = 1075,03 \text{ m}^2$$

$$\sum Y^2 = 1,25^2 \times 16 = 25 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{max}} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{maks}}}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\text{maks}}}{\sum Y^2}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{45047,6}{2 \times 8} \pm \frac{109553,66 \times 11,545}{1075,03} \pm \frac{2321,24 \times 1,25}{25}$$

$$= 2815,47 + 1176,52 + 116,062$$

$$= 4108,057 \text{ kN}$$

Daya Dukung *Bored pile* Berdasarkan Data SPT

Untuk menghitung daya dukung *bored pile* pada tanah pondasi berdasarkan data SPT digunakan rumus seperti di bawah ini :

$$Y_1 = L \text{ pancang rencana} + 3D$$

$$= 20 + (3 \times 0,8) = 22,4 \text{ m}$$

$$Y_2 = L \text{ pancang rencana} - 8D$$

$$= 20 - (8 \times 0,8) = 13,6 \text{ m}$$

N_1 = Nilai N-SPT rata-rata pada kedalaman Y_1 (22,4 m)

$$= \frac{52 + 52}{2} = 52$$

N_2 = Nilai N-SPT rata-rata pada kedalaman Y_2 (13,6 m)

$$= \frac{38+52+52+52}{4} = 48,5$$

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{52 + 48,5}{2} = 50,25$$

$$N_s = 46,7$$

$$\begin{aligned} \text{Qult} &= (40 \times N_b \times A_p) + (0,5 \times N_s \times A_s) \\ &= (40 \times 50,25 \times 0,502) + (0,5 \times 46,7 \times 35,18) \\ &= 1830,47 \text{ ton} \\ &= 18304,7 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Kontrol P_{maks} Terhadap Daya Dukung *Bored pile*

$$P_{maks} = 4108,057 \text{ kN}$$

$$Q_{ult} = 18304,7 \text{ kN}$$

$$SF = \frac{18304,7}{4108,057} = 4,45$$

$Q_{ult} > P_{maks}$ (Konstruksi Aman)

Kontrol Daya Dukung *Bored pile* Terhadap V_{maks}

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{3} = \frac{18304,7 \text{ kN}}{3} = 6101,56 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_g &= E \times m.n \times Q_{ijin} \\ &= 0,77 \times 16 \times 6101,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$= 75171,219 \text{ kN}$$

$$Q_g = 75171,219 \text{ kN} \gg V_{\text{maks}} = 45047,6 \text{ kN} \dots\dots \text{(Konstruksi Aman)}$$

2. Perencanaan Tiang Bored Pile Diameter 1 M

Rencana Tata Letak Pondasi *Bored pile*

- Nilai S

- $S' \geq 1,25 D$

$$S' \geq 1,25 \times 1$$

$$S' \geq 1.25 \text{ m}$$

- $2,5 D \geq S \geq 3D$

$$2,5 \times 1 \geq S \geq 3 \times 1$$

$$2.5 \text{ m} \geq S \geq 3 \text{ m}$$

- Jumlah baris (n) = 2 buah

- Jumlah kolom (m) = 6 buah

- Jumlah total (mxn) = 12 buah

Pondasi Bor yang direncanakan adalah dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Diameter pondasi bor : 1 m

- Mutu : K-350 ($f_c' = 30 \text{ Mpa}$)

- \emptyset tulangan ulir : 16 – 25 mm

- Kedalaman Pondasi Bor : 14,0 m

- Luas Per *Bored pile*

$$A_p = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right)$$

$$= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 1^2\right)$$

$$= 0,785 \text{ m}^2$$

- Berat Per *Bored pile*

$$G_s = A_p \times D_f \times \gamma_c$$

$$= 0,785 \times 14 \times 25$$

$$= 274,75 \text{ kN}$$

- Luas Selimut Per *Bored pile*

$$A_s = (\pi \times D \times D_f)$$

$$= (\pi \times 1 \times 14)$$

$$= 43,98 \text{ m}^2$$

Efisiensi Kelompok *Bored Pile*

Efisiensi pile group dihitung dengan rumus “*Uniform Biling Code (AASHTO)*”

yaitu :

$$E = 1 - \frac{\theta^{\circ}}{90^{\circ}} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right]$$

Rumus ini dapat digunakan jika :

$$S < \frac{1,66 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$$

$$S < \frac{1,66 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 2}{6+2-2}$$

$$2,5 < 3,32 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

$$\theta = \text{arc. tan} \frac{1}{2,50} = 21,8$$

$$E = 1 - \frac{21,8^{\circ}}{90^{\circ}} \left[\frac{(2-1) \cdot 6 + (6-1) \cdot 2}{6 \cdot 2} \right] = 0,68$$

Beban Maksimum yang Dapat Diterima *Bored pile*

Dari hasil perhitungan kombinasi pembebanan ditinjau dari titik A dan B, digunakan hasil perhitungan yang mempunyai gaya dan momen yang terbesar, yaitu

$$V = 45047,6 \text{ kN}$$

$$M_y = 109553,66 \text{ kNm}$$

$$M_x = 2321,24 \text{ kNm}$$

Beban maksimum yang dapat diterima *bored pile* dihitung dari beban maksimum yang diterima. Tinjauan maksimum terhadap *bored pile* dimana harga :

$$\text{Absis (X maks)} = 11,545 \text{ m}$$

$$\text{Ordinat (Ymaks)} = 1,25 \text{ m}$$

$$\sum x^2 = ((11,545^2 \times 8) + (1,045^2 \times 8)) = 1075,03 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = 1,25^2 \times 12 = 18,75 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{max}} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\text{max}}}{\sum y^2}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{45047,6}{2 \times 6} \pm \frac{109553,66 \times 11,545}{1075,03} \pm \frac{2321,24 \times 1,25}{18,75}$$

$$= 3753,97 + 1176,52 + 154,75$$

$$= 5085,24 \text{ kN}$$

Daya Dukung *Bored Pile* Berdasarkan Data SPT

Untuk menghitung daya dukung *bored pile* pada tanah pondasi berdasarkan data SPT digunakan rumus seperti di bawah ini :

$$Q_{ult} = (40 \times N_b \times A_p) + (0,5 \times N_s \times A_s)$$

$$\begin{aligned} Y_1 &= L \text{ pancang rencana} + 3D \\ &= 14 + (3 \times 1) = 17 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_2 &= L \text{ pancang rencana} - 8D \\ &= 14 - (8 \times 1) = 6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= \text{Nilai N-SPT rata-rata pada kedalaman } Y_1 \text{ (17 m)} \\ &= \frac{52 + 52}{2} = 52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= \text{Nilai N-SPT rata-rata pada kedalaman } Y_2 \text{ (6 m)} \\ &= \frac{12 + 8}{2} = 10 \end{aligned}$$

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{52 + 10}{2} = 31$$

$$N_s = 46,7$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= (40 \times N_b \times A_p) + (0,5 \times N_s \times A_s) \\ &= (40 \times 31 \times 0,785) + (0,5 \times 46,7 \times 43,98) \\ &= 2000,3 \text{ ton} \\ &= 20003 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol P_{max} Terhadap Daya Dukung *Bored Pile*

$$P_{maks} = 5085,24 \text{ kN}$$

$$Q_{ult} = 20003 \text{ kN}$$

$$SF = \frac{20003}{5085,24} = 3,93$$

$Q_{ult} > P_{maks}$ (Konstruksi Aman)

Kontrol Daya Dukung *Bored pile* Terhadap V_{maks}

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{3} = \frac{20003 \text{ kN}}{3} = 6667,7 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_g &= E \times m \cdot n \times Q_{ijin} \\ &= 0,68 \times 12 \times 6667,7 \text{ kN} \\ &= 54408,16 \text{ kN} \end{aligned}$$

$Q_g = 54408,16 \text{ kN} > V_{maks} = 45047,6 \text{ kN}$ (Konstruksi Aman)

1) Menghitung luas tulangan yang diperlukan tiang bored pile

$$\begin{aligned} \text{Asumsi diameter } (\varnothing) &= 25 \text{ mm} \\ \text{Tebal selimut beton } (p) &= 100 \text{ mm} \\ \text{Tebal potongan } (h) &= 1000 \text{ mm} \\ \text{Lebar potongan } (b) &= 1000 \text{ mm} \\ \text{Tinggi efektif } (d) &= h - p - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{utama}} \\ &= 1000 - 100 - 12,5 \\ &= 887,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

2) Rencana tulangan pokok

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 * \left(\frac{0,85 * f_c' * \beta_1 * 600}{f_y * (600 + f_y)} \right) \\ &= 0,75 * \left(\frac{0,85 * 30 * 0,85 * 600}{400 * (600 + 400)} \right) \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$Ru = \frac{Mu}{bd^2} = \frac{13094500}{1000 \cdot 887,5^2} = 0,12$$

Karena $\rho < \rho_{\min}$; maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0035$

• Tulangan Utama (As)

$$\begin{aligned} As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 887,5 \\ &= 3106,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan pokok D25-150 (As=3272mm²)

3) Tulangan begel (spiral)

Untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} A_{ss} &= \frac{0,18 \cdot b \cdot h}{100} \\ &= \frac{0,18 \cdot 1000 \cdot 1000}{100} \\ &= 1800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ss} &= 0,002 \cdot b \cdot h \\ &= 0,002 \cdot 1000 \cdot 1000 \end{aligned}$$

$$= 2000 \text{ m}^2$$

$$A_{ss} = 20\% \cdot A_s$$

$$= 20\% \cdot 3106,25$$

$$= 621,25 \text{ m}^2$$

Diambil Ass terbesar = 2000 mm²

Dipakai tulangan pokok D16-100 (As=2011mm²)

4) Berat tulangan

- Berat tulangan pokok (D25-150)
 - = Panjang tulangan x jumlah tulangan x (3,853 kg/m)
 - = 14,55 x 24 x 3,853
 - = 1345,47 kg
- Berat tulangan begel (D16 – 100)
 - = Panjang tulangan x jumlah tulangan x (1.578 kg/m)
 - = 2,93 x 140 x 1,578
 - = 647,30 kg
- Berat total pembesian untuk 1 tiang bored pile Ø 100 cm
 - = berat tulangan pokok + berat tulangan begel
 - = 1345,47 + 647,30
 - = 1992,77 kg × 24 (jumlah *Bored Pile*)
 - = 47826,37 kg

3. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,6 M

Rencana Tata Letak Pondasi *Tiang Pancang*

- Nilai S
 - $S' \geq 1,25 D$
 - $S' \geq 1,25 \times 0,6$
 - $S' \geq 0,75 \text{ m}$
 - $2,5 D \geq S \geq 3D$
 - $2,5 \times 0,6 \geq S \geq 3 \times 0,6$
 - $1,5 \text{ m} \geq S \geq 1,8 \text{ m}$
- Jumlah baris (n) = 3 buah
- Jumlah kolom (m) = 8 buah
- Jumlah total (mxn) = 24 buah

Pondasi yang direncanakan adalah pondasi tiang pancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Diameter : 0.6 m
- Mutu : K-350 ($f_c' = 30$ Mpa)
- panjang tiang pancang : 14,0 m
- Luas Permukaan

$$\begin{aligned}
 A_p &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right) \\
 &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0.6^2\right) \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi pile group dihitung dengan rumus “Uniform Building Code (AASHTO)

yaitu :

$$E = 1 - \frac{\theta^2}{90^2} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right]$$

Rumus ini dapat digunakan jika :

$$S < \frac{1,66 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$$

$$S < \frac{1,66 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 3}{8+3-2}$$

$$1,5 < 1,81 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

$$\theta = \text{arc. tan} \frac{0,6}{1,50} = 21,8$$

$$E = 1 - \frac{21,8^2}{90^2} \left[\frac{(3-1) \cdot 8 + (8-1) \cdot 3}{8 \cdot 3} \right] = 0,63$$

Beban maksimum yang dapat diterima pondasi

Dari hasil perhitungan kombinasi pembebanan ditinjau dari titik A dan B, digunakan hasil perhitungan yang mempunyai gaya dan momen yang terbesar, yaitu

$$V = 45047,6 \text{ kN}$$

$$M_y = 109553,66 \text{ kNm}$$

$$M_x = 2321,24 \text{ kNm}$$

Beban maksimum yang dapat diterima pondasi dihitung dari beban maksimum yang diterima. Tinjauan maksimum terhadap pondasi dimana harga :

$$\text{Absis (X maks)} = 11,545 \text{ m}$$

$$\text{Ordinat (Ymaks)} = 1,25 \text{ m}$$

$$\sum x^2 = ((11,545^2 \times 8) + (1,045^2 \times 8)) = 1075,03 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = 1,25^2 \times 12 = 18,75 \text{ m}^2$$

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum Y^2}$$

$$P_{max} = \frac{45047,6}{3 \times 8} \pm \frac{109553,66 \times 11,545}{1075,03} \pm \frac{2321,24 \times 1,25}{18,75}$$

$$= 1876,98 + 1176,52 + 154,75$$

$$= 3208,25 \text{ kN}$$

Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data SPT

Untuk menghitung daya dukung *bored pile* pada tanah pondasi berdasarkan data SPT digunakan rumus seperti di bawah ini :

$$Q_{ult} = (40 \times N_b \times A_p) + (0,5 \times N_s \times A_s)$$

$$Y_1 = L \text{ pancang rencana} + 3D$$

$$= 14 + (3 \times 1) = 17 \text{ m}$$

$$Y_2 = L \text{ pancang rencana} - 8D$$

$$= 14 - (8 \times 1) = 6 \text{ m}$$

N_1 = Nilai N-SPT rata-rata pada kedalaman Y_1 (17 m)

$$= \frac{52 + 52}{2} = 52$$

N_2 = Nilai N-SPT rata-rata pada kedalaman Y_2 (6 m)

$$= \frac{12 + 8}{2} = 10$$

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{52 + 10}{2} = 31$$

$$N_s = 46,7$$

$$Q_{ult} = (40 \times N_b \times A_p) + (0,5 \times N_s \times A_s)$$

$$= (40 \times 31 \times 0,283) + (0,5 \times 46,7 \times 26,3)$$

$$= 9671,11 \text{ kN}$$

Kontrol P_{maks} Terhadap Daya Dukung Tiang Pancang

$$P_{maks} = 3208,25 \text{ kN}$$

$$Q_{ult} = 9671,11 \text{ kN}$$

$$SF = \frac{9671,11}{3208,25} = 3,01$$

$Q_{ult} > P_{maks}$ (Konstruksi Aman)

Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap V_{maks}

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{3} = \frac{9671,11 \text{ kN}}{3} = 3223,7 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_g &= E \times m \cdot n \times Q_{ijin} \\ &= 0,63 \times 24 \times 3223,7 \text{ kN} \\ &= 48742,39 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Q_g = 48742,39 \text{ kN} > V_{maks} = 45047,6 \text{ kN} \dots \text{ (Konstruksi Aman)}$$

4. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,8 M

Rencana Tata Letak Pondasi *Tiang Pancang*

- Nilai S
 - $S' \geq 1,25 D$
 $S' \geq 1,25 \times 0,8$
 $S' \geq 1 \text{ m}$
 - $2,5 D \geq S \geq 3D$
 $2,5 \times 0,8 \geq S \geq 3 \times 0,8$
 $2 \text{ m} \geq S \geq 2,4 \text{ m}$
- Jumlah baris (n) = 2 buah
- Jumlah kolom (m) = 8 buah
- Jumlah total (mxn) = 16 buah

Pondasi yang direncanakan adalah pondasi tiang pancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Diameter : 0,8 m
- Mutu : K-350 ($f_c' = 30 \text{ Mpa}$)
- panjang tiang pancang : 14,0 m
- Luas Permukaan

$$\begin{aligned} A_p &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right) \\ &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2\right) \\ &= 0,502 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi pile group menggunakan rumus “*Uniform Building Code (AASHTO)*” yaitu:

$$E = 1 - \frac{\theta^2}{90^\circ} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right]$$

Rumus ini dapat digunakan jika :

$$S < \frac{1,66 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$$

$$S < \frac{1,66 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 2}{8+2-2}$$

$$1 < 3,32 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

$$\theta = \text{arc. tan} \frac{0,8}{2} = 21,801$$

$$E = 1 - \frac{21,8^\circ}{90^\circ} \left[\frac{(2-1) \cdot 8 + (8-1) \cdot 2}{8 \cdot 2} \right] = 0,67$$

Beban maksimum yang dapat diterima pondasi

Dari hasil perhitungan kombinasi pembebanan ditinjau dari titik A dan B, digunakan hasil perhitungan yang mempunyai gaya dan momen yang terbesar, yaitu

$$V = 45047,6 \text{ kN}$$

$$M_y = 109553,66 \text{ kNm}$$

$$M_x = 2321,24 \text{ kNm}$$

Beban maksimum yang dapat diterima pondasi dihitung dari beban maksimum yang diterima. Tinjauan maksimum terhadap pondasi dimana harga :

$$\text{Absis (X maks)} = 11,545 \text{ m}$$

$$\text{Ordinat (Ymaks)} = 1,25 \text{ m}$$

$$\sum x^2 = ((11,545^2 \times 8) + (1,045^2 \times 8)) = 1075,03 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = 1,25^2 \times 12 = 18,75 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{max}} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\text{max}}}{\sum y^2}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{45047,6}{2 \times 8} \pm \frac{109553,66 \times 11,545}{1075,03} \pm \frac{2321,24 \times 1,25}{18,75}$$

$$= 2815,47 + 1176,52 + 154,75$$

$$= 4146,74 \text{ kN}$$

Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data SPT

Untuk menghitung daya dukung *bored pile* pada tanah pondasi berdasarkan data

SPT digunakan rumus seperti di bawah ini :

$$Q_{ult} = (40 \times N_b \times A_p) + (0,5 \times N_s \times A_s)$$

$$Y_1 = L \text{ pancang rencana} + 3D$$

$$= 14 + (3 \times 0,8) = 16,4 \text{ m}$$

$$Y_2 = L \text{ pancang rencana} - 8D$$

$$= 14 - (8 \times 0,8) = 7,6 \text{ m}$$

$$N_1 = \text{Nilai N-SPT rata-rata pada kedalaman } Y_1 (16,4 \text{ m})$$

$$= \frac{52 + 52}{2} = 52$$

$$N_2 = \text{Nilai N-SPT rata-rata pada kedalaman } Y_2 (7,6 \text{ m})$$

$$= \frac{12+8}{2} = 10$$

$$N_b = \frac{N_1+N_2}{2} = \frac{52 + 10}{2} = 31$$

$$N_s = 46,7$$

$$Q_{ult} = (40 \times N_b \times A_p) + (0,5 \times N_s \times A_s)$$

$$= (40 \times 31 \times 0,502) + (0,5 \times 46,7 \times 35.186)$$

$$= 1444,07 \text{ ton}$$

$$= 14440,7 \text{ kN}$$

Kontrol Pmax Terhadap Daya Dukung Tiang Pancang

$$P_{maks} = 4146,74 \text{ kN}$$

$$Q_{ult} = 14440,7 \text{ kN}$$

$$SF = \frac{14440,7}{4146,74} = 3,48$$

$Q_{ult} > P_{maks}$ (Konstruksi Aman)

Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap Vmaks

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{3} = \frac{14440,7 \text{ kN}}{3} = 4813,56 \text{ kN}$$

$$Q_g = E \times m \cdot n \times Q_{ijin}$$

$$= 0,67 \times 16 \times 4813,56 \text{ kN}$$

$$= 51601,36 \text{ kN}$$

$Q_g = 51601,36 \text{ kN} > V_{maks} = 45047,6 \text{ kN}$ (Konstruksi Aman)

b. Metode pelaksanaan

Berdasarkan metode pelaksanaan pekerjaan pondasi (tiang pancang dan bored pile) terdapat perbedaan, diantaranya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Checklist Metode Pelaksanaan Pondasi

No	Metode Pelaksanaan	Pondasi Tiang Pancang	Pondasi Bored Pile
1	Pembersihan Lapangan	✓	✓
2	Penentuan Titik Pondasi	✓	✓
3	Mobilisasi Alat	✓	✓
4	Pelاندasan mesin di titik pekerjaan	✓	✓
5	Penempatan dan pengaturan mesin	✓	✓
6	Pembesian	✓	✓
7	Penyambungan tiang	✓	-
8	Penyambungan tulangan tiang	-	✓
9	Pengamatan sudut kemiringan tiang	✓	-
10	Perencanaan urutan pemancangan / pengeboran	✓	✓
11	Penghentian pekerjaan pemancangan dan pemboran jika mencapai tanah keras	✓	✓
12	Proses pemancangan	✓	
13	Proses pemboran	-	✓
14	Proses pengecoran tiang	-	✓

c. Perhitungan Volume

Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi dirangkum dalam tabel sebagai berikut.

1. Pondasi *Bored Pile* 1 M

Tabel 4.9. Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi *Bored Pile* 1 m

No	Pekerjaan	Perhitungan	Volume	Satuan
1	Pengeboran Bored Pile	= $14 \times 12 \times 2$	336	m'
2	Penulangan Bored Pile	= $(1345,47 + 647,30) \times 24$	47826,3	kg
3	Pengecoran Bored Pile	= $0.785 \times 14 \times 24$	263,9	m ³

Pada perhitungan volume pekerjaan pondasi *bored pile* dimensi 1 m pada table 4.9. Didapatkan volume pengeboran sebesar 336 m' penulangan *boredpile* yang dibutuhkan sebesar 47826,3 kg. untuk pekerjaan pengecoran sebesar 263,9 m³.

2. Pondasi Tiang Pancang Diameter 0,6 M

Tabel 4.10. Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat 0,6 m

No	Pekerjaan	Perhitungan	Volume	Satuan
1	Pengadaan Tiang Pancang Beton	= $14 \times 24 \times 2$	672,00	m'
2	Pemancangan Tiang Pancang	= $14 \times 24 \times 2$	672,00	m'
3	Penyambungan Tiang Pancang	= $24 \times 2 \times 2$	96,00	titik
4	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	= 24×2	48,00	titik
5	Kalendering	= 24×2	48,00	titik
6	Pembuatan Top Pile	= 24×2	48,00	titik

Pada perhitungan volume pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m pekerjaan pengadaan tiang pancang dan pemancangan tiang pancang memiliki volume yang sama yaitu 672 m', untuk pemotongan kepala tiang pancang, kalendering, dan pembuatan top pile sebesar 48 titik dan pekerjaan penyambungan tiang pancang memiliki volume sebesar 96 titik.

3. Pondasi Tiang Pancang Diameter 0,8 M

Tabel 4.11. Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat 0,8 m

No	Pekerjaan	Perhitungan	Volume	Satuan
1	Pengadaan Tiang Pancang Beton	= $14 \times 16 \times 2$	448,00	m'
2	Pemancangan Tiang Pancang	= $14 \times 16 \times 2$	448,00	m'
3	Penyambungan Tiang Pancang	= $16 \times 2 \times 2$	64,00	titik
4	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	= 16×2	32,00	titik
5	Kalendering	= 16×2	32,00	titik
6	Pembuatan Top Pile	= 16×2	32,00	titik

Pada perhitungan volume pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,8 m ditemukan bahwa item pekerjaan pengadaan tiang pancang dan pemancangan tiang pancang memiliki volume yang sama yaitu 448 m', lalu untuk pemotongan kepala

tiang pancang, kalendering, dan pembuatan top pile volume sebesar 32 titik dan pekerjaan penyambungan tiang pancang memiliki volume sebesar 64 titik.

d. Biaya

A. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

1. Analisa Harga Satuan Biaya Pondasi Bored Pile

a) Pengeboran *Bored Pile*

Tabel 4.12. Analisa harga satuan pekerjaan pengeboran *bored pile* 1 m

No.	Koef.	Sat.	Uraian	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
	1	m'	Pengeboran Bored Pile diameter 1m		
			Tenaga		
	0,600	OH	Pekerja	Rp 60.000,00	Rp 35.988,00
	0,500	OH	Tukang	Rp 85.000,00	Rp 42.500,00
	0,150	OH	Mandor	Rp 90.000,00	Rp 13.491,00
			Bahan		
	3,0000	m ³	Casing	Rp 9.000,00	Rp 27.000,00
			Alat		
	0,5	jam	Bore Pile Machine	Rp 860.000,00	Rp 430.000,00
	1	Ls	Alat Bantu	Rp 10.000,00	Rp 10.000,00
Jumlah Harga Bahan, Tenaga dan Alat					Rp 558.979,00

Berdasarkan tabel 4.12. analisa harga satuan untuk pekerjaan pengeboran bored pile memiliki harga satuan sejumlah Rp 558.979,00 / m'.

b) Penulangan bored pile

Tabel 4.13. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Penulangan Bored Pile 1 m

No.	Koef.	Sat.	Uraian	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
	1	kg	Penulangan Bored Pile		
			Tenaga		
	0,007	OH	Pekerja	Rp 60.000,00	Rp 420,00
	0,003	OH	Tukang Besi	Rp 85.000,00	Rp 255,00
	0,001	OH	Kepala Tukang Besi	Rp 95.000,00	Rp 95,00
	0,050	OH	Mandor	Rp 90.000,00	Rp 4.500,00
			Bahan		
	1,1	kg	Baja Tulangan	Rp 12.000,00	Rp 13.200,00
	0,015	kg	Kawat Beton	Rp 15.500,00	Rp 232,50
			Alat		
	1	Ls	Alat Bantu	Rp 10.000,00	Rp 10.000,00
Jumlah Harga Bahan, Tenaga dan Alat					Rp 28.702,50

Berdasarkan tabel 4.13. analisa harga satuan untuk pekerjaan penulangan bored pile memiliki harga satuan sejumlah Rp 28.702,50 / kg.

c) Pengecoran *bored pile*

Tabel 4.14. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengecoran *Bored Pile* 1 m

No.	Koef.	Sat.	Uraian	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
	1	m ³	Pengecoran Bored Pile		
			Tenaga		
	2,1	OH	Pekerja	Rp 60.000,00	Rp 126.000,00
	0,11	OH	Mandor	Rp 90.000,00	Rp 9.900,00
			Bahan		
	1,1	m ³	Beton readymix fc' 30 Mpa (K-350)	Rp 980.000,00	Rp 1.078.000,00
			Alat		
	0,1702	jam	Concrete Pump	Rp 281.000,00	Rp 47.826,20
	1	Ls	Alat Bantu	Rp 10.000,00	Rp 10.000,00
Jumlah Harga Bahan, Tenaga dan Alat					Rp 1.271.726,20

Berdasarkan tabel 4.14. analisa harga satuan untuk pekerjaan penulangan bored pile memiliki harga satuan sejumlah Rp 1.271.726,20 / m³.

2. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Tiang Pancang

a) Pengadaan Tiang Pancang

Tabel 4.15. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang Bulat Diameter 0,6 m

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
PEKERJAAN PONDASI					
Pengadaan Tiang Pancang Dia 600					
	Tenaga				
	Unloading	OH	1,00	Rp 60.000,00	Rp 60.000,00
	Angkutan	OH	1,00	Rp 180.000,00	Rp 180.000,00
	Bahan				
	Tiang Pancang dia 600 mm (bottom)	m'	1,00	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000,00
Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat					Rp2.140.000,00

Berdasarkan tabel 4.15. analisa harga satuan untuk pekerjaan pengadaan tiang pancang bulat diameter 0,6 m memiliki harga satuan sebesar Rp 2.140.000,00 / m³.

Tabel 4.16. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang Bulat
Diameter 0,8 m

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
	PEKERJAAN PONDASI				
	Pengadaan Tiang Pancang Dia 800mm				
	Tenaga				
	Unloading	OH	1,00	Rp 60.000,00	Rp 60.000,00
	Angkutan	OH	1,00	Rp 180.000,00	Rp 180.000,00
	Bahan				
	Tiang Pancang dia 800 mm (bottom)	m'	1,00	Rp 3.050.000	Rp 3.050.000,00
					Rp 3.050.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 3.290.000,00

Berdasarkan tabel 4.16. analisa harga satuan untuk pekerjaan pengadaan tiang pancang bulat diameter 0,8 m memiliki harga satuan sebesar Rp 3.290.000,00 / m'.

b) Pemancangan Tiang Pancang dengan *hammer diessel*

Tabel 4.17. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang dengan
hammer diesel (m')

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3.4	Pemancangan Tiang Pancang				
	Tenaga				
	Pekerja	OH	0,400	Rp 60.000,00	Rp 24.000,000
	Kepala Tukang Besi	OH	0,200	Rp 95.000,00	Rp 19.000,000
	Mandor	OH	0,020	Rp 90.000,00	Rp 1.800,000
					Rp 44.800,000
	Bahan				
	Playwood 9mm	Lbr	0,015	Rp 160.000,00	Rp 2.400,00
	Alat				
	Crane	Jam	0,06	Rp 1.400.000,00	Rp 84.000,00
	alat Pancang Hamer	Jam	0,8	Rp 740.000,00	Rp 592.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 723.200,000

Berdasarkan tabel 4.17. analisa harga satuan pekerjaan pemancangan tiang pancang hammer diesel memiliki harga satuan sejumlah Rp 723.200,00 / m'.

c) Pemancangan Tiang Pancang dengan *hammer hydraulic*

Tabel 4.18. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang dengan *hammer hydraulic* (m')

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3.5	Pemancangan Tiang Pancang				
	Tenaga				
	Pekerja	OH	0,400	Rp 60.000,00	Rp 24.000,000
	Kepala Tukang Besi	OH	0,200	Rp 95.000,00	Rp 19.000,000
	Mandor	OH	0,020	Rp 90.000,00	Rp 1.800,000
					Rp 44.800,000
	Bahan				
	Playwood 9mm	Lbr	0,015	Rp 160.000,00	Rp 2.400,00
	Alat				
	Crane	Jam	0,06	Rp 1.400.000,00	Rp 84.000,00
	Alat Pancang <i>Hammer Hydraulic</i>	Jam	0,8	Rp 1.150.000,00	Rp 920.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 1.051.200,000

Berdasarkan tabel 4.18. analisa harga satuan pekerjaan pemancangan tiang pancang *hammer hydraulic* memiliki harga satuan sejumlah Rp 1.051.200,00 / m'.

d) Penyambungan Tiang Pancang

Tabel 4.19 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Penyambungan Tiang Pancang

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3.6	Penyambungan Tiang Pancang				
	Tenaga				
	Pekerja	OH	0,667	Rp 60.000,00	Rp 40.020,00
	Tukang Las	OH	0,333	Rp 85.000,00	Rp 28.305,00
	Mandor	OH	0,250	Rp 90.000,00	Rp 22.500,00
					Rp 90.825,000
	Bahan				
	Kawat Las (elektroda)	Kg	0,25	Rp 50.000,00	Rp 12.500,00
	Zinchromate	kg	0,2	Rp 18.000,00	Rp 3.600,00
					Rp 16.100,00
	Alat				
	Mesin Las	Jam	0,8	Rp 190.000,00	Rp 152.000,00
	generator Set	Jam	0,8	Rp 185.000,00	Rp 148.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 403.325,000

Berdasarkan tabel 4.19. analisa harga satuan pekerjaan penyambungan tiang pancang memiliki harga satuan sejumlah Rp 403.325,00 / titik.

e) Pemotongan Kepala Tiang Pancang

Tabel 4.20. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemotongan Kepala Tiang Pancang

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3.7	Pemotongan Kepala Tiang Pancang				
	Tenaga				
	Pekerja	OH	0,750	Rp 60.000,00	Rp 45.000,00
	Tukang las	OH	0,250	Rp 85.000,00	Rp 21.250,00
	Mandor	OH	0,020	Rp 90.000,00	Rp 1.800,00
					Rp 68.050,00
	Bahan				
	Acetylene	Tbg	0,667	Rp 75.000,00	Rp 50.025,00
	jack hammer	bh	1	Rp 130.000,00	Rp 130.000,00
	Oksigen	Tbg	0,8	Rp 100.000,00	Rp 80.000,00
				Rp 260.025,00	
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 328.075,00

Berdasarkan tabel 4.20. analisa harga satuan pekerjaan pemotongan kepala tiang pancang memiliki harga satuan sejumlah Rp 328.075,00 / titik.

f) Kalendering

Tabel 4.21. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kalendering Tiang Pancang

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3,8	Kalendering				
	Tenaga				
	kalendering	titik	1,000	Rp 230.000,00	Rp 230.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 230.000,00

Berdasarkan tabel 4.21. analisa harga satuan pekerjaan pemotongan kepala tiang pancang memiliki harga satuan sejumlah Rp 230.000,00 / titik.

g) Pembuatan Top Pile

Tabel 4.22. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan Top Pile

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3,9	Pembuatan Top Pile				
	Tenaga				
	Pekerja	OH	5,668	Rp 60.000,00	Rp 340.080,00
	Tukang Besi	OH	1,837	Rp 85.000,00	Rp 156.145,00
	Tukang Batu	OH	0,355	Rp 85.000,00	Rp 30.175,00
	Mandor	OH	1,865	Rp 90.000,00	Rp 167.850,00
					Rp 694.250,00
	Bahan				
	Besi Beton	kg	52,476	Rp 11.500,00	Rp 603.474,00
	Kawat Beton	kg	1,050	Rp 16.000,00	Rp 16.800,00
	Semen	kg	92,221	Rp 1.250,00	Rp 115.276,25
	Pasir Beton	m ³	0,101	Rp 280.000,00	Rp 28.280,00
	Agregat Kasar	m ³	0,146	Rp 250.000,00	Rp 36.500,00
					Rp 800.330,25
	Alat				
	Truck Mixer	jam	0,800	Rp 620.000,00	Rp 496.000,00
	Alat Bantu	Ls	0,700	Rp 100.000,00	Rp 70.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp2.060.580,25

Berdasarkan tabel 4.22. analisa harga satuan pekerjaan pemotongan kepala tiang pancang memiliki harga satuan sejumlah Rp 2.060.580,25 / titik.

B. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi

1. Pondasi Eksisting (Pondasi Bored Pile Diameter 0.8 M)

Tabel 4.23. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Eksisting

No	Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengeboran Bored Pile	m'	179,20	Rp 239.905,00	Rp 42.990.976,00
2	Penulangan Bored Pile	kg	61159,71	Rp 28.702,50	Rp 1.755.436.541,83
3	Pengecoran Bored Pile	m3	224,90	Rp 1.271.726,20	Rp 286.006.135,48
	Jumlah Harga				Rp 2.084.433.653,31

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi eksisting pada tabel 4.23 diambil dari data rencana anggaran biaya proyek asli yaitu sebesar Rp. 2.084.433.653,31.

2. Pondasi Bored Pile Diameter 1 M

Tabel 4.24. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Bored Pile Diameter 1 M

No	Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengeboran Bored Pile	m'	336	Rp 558.979,00	Rp 187.816.944,00
2	Penulangan Bored Pile	kg	47826,3	Rp 28.702,50	Rp 1.372.734.375,75
3	Pengecoran Bored Pile	m3	263,9	Rp 1.271.726,20	Rp 335.608.544,18
	Jumlah Harga				Rp 1.896.159.863,93

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi bored pile diameter 0,8 m pada tabel 4.24 terhitung sebesar Rp. 1.896.159.863,93.

3. Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,6 M

Tabel 4.25. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,6 M dengan *Hammer Diessel*

No	Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Tiang Pancang	m'	672,00	Rp 2.140.000,00	Rp 1.438.080.000,00
2	Pemancangan Tiang Pancang	m'	672,00	Rp 723.200,00	Rp 485.990.400,00
3	Penyambungan Tiang Pancang	titik	96,00	Rp 403.325,00	Rp 38.719.200,00
4	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	titik	48,00	Rp 328.075,00	Rp 15.747.600,00
5	Kalendering	titik	48,00	Rp 230.000,00	Rp 11.040.000,00
6	Pembuatan Top Pile	titik	48,00	Rp 2.060.580,25	Rp 98.907.852,00
Jumlah Harga					Rp 2.088.485.052,00

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m dengan alat *hammer diesel* pada tabel 4.25 terhitung sebesar Rp. 2.088.485.052,00.

Tabel 4.26. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,6 M dengan *Hammer Hydraulic*

No	Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Tiang Pancang	m'	672,00	Rp 2.140.000,00	Rp 1.438.080.000,00
2	Pemancangan Tiang Pancang	m'	672,00	Rp 1.051.200,00	Rp 706.406.400,00
3	Penyambungan Tiang Pancang	titik	96,00	Rp 403.325,00	Rp 38.719.200,00
4	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	titik	48,00	Rp 328.075,00	Rp 15.747.600,00
5	Kalendering	titik	48,00	Rp 230.000,00	Rp 11.040.000,00
6	Pembuatan Top Pile	titik	48,00	Rp 2.060.580,25	Rp 98.907.852,00
Jumlah Harga					Rp 2.308.901.052,00

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m dengan alat *hammer diesel* pada tabel 4.26 terhitung sebesar Rp. 2.308.901.052,00.

4. Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,8 M

Tabel 4.27. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,8 M dengan *Hammer Diessel*

No	Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Tiang Pancang	m'	448,00	Rp 3.290.000,00	Rp 1.473.920.000,00
2	Pemancangan Tiang Pancang	m'	448,00	Rp 723.200,00	Rp 323.993.600,00
3	Penyambungan Tiang Pancang	titik	64,00	Rp 403.325,00	Rp 25.812.800,00
4	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	titik	32,00	Rp 328.075,00	Rp 10.498.400,00
5	Kalendering	titik	32,00	Rp 230.000,00	Rp 7.360.000,00
6	Pembuatan Top Pile	titik	32,00	Rp 2.060.580,25	Rp 65.938.568,00
Jumlah Harga					Rp 1.907.523.368,00

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,8 m dengan alat *hammer diesel* pada tabel 4.27 terhitung sebesar Rp. 1.907.523.368,00.

Tabel 4.28. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,8 M dengan *Hammer Hydraulic*

No	Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Tiang Pancang	m'	448,00	Rp 3.290.000,00	Rp 1.473.920.000,00
2	Pemancangan Tiang Pancang	m'	448,00	Rp 1.051.200,00	Rp 470.937.600,00
3	Penyambungan Tiang Pancang	titik	64,00	Rp 403.325,00	Rp 25.812.800,00
4	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	titik	32,00	Rp 328.075,00	Rp 10.498.400,00
5	Kalendering	titik	32,00	Rp 230.000,00	Rp 7.360.000,00
6	Pembuatan Top Pile	titik	32,00	Rp 2.060.580,25	Rp 65.938.568,00
Jumlah Harga					Rp 2.054.467.368,00

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,8 m dengan alat *hammer diesel* pada tabel 4.28 terhitung sebesar Rp. 2.054.467.368,00.

e. Komparasi Biaya

Tabel 4.29. Komparasi Biaya Pekerjaan Pondasi

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah Harga
1	Existing pondasi	Rp 2.084.433.653,31
2	Alternatif 1	Rp 1.896.159.863,93
3	Alternatif 2 dengan <i>Hammer Diesel</i>	Rp 2.088.485.052,00
4	Alternatif 2 dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	Rp 2.308.901.052,00
5	Alternatif 3 dengan <i>Hammer Diesel</i>	Rp 1.907.523.368,00
6	Alternatif 3 dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	Rp 2.054.467.368,00

Berdasarkan tabel 4.29 diketahui bahwa dari ketiga alternatif, alternatif 1 memiliki biaya yang lebih rendah daripada pondasi existing dengan harga Rp. 1.896.159.863,93.

4.2.4. Tahap Rekomendasi

Pada tahap analisis, diketahui bahwa biaya semua alternatif memenuhi kriteria value engineering karena harga alternatif lebih rendah daripada pondasi eksisting yang dapat diketahui selisihnya pada Tabel 4.30. berikut.

Tabel 4.30. Selisih Biaya Alternatif Pondasi

No	Jenis Pekerjaan	Harga Existing	Selisih
1	Alternatif 1	Rp 2.084.433.653,31	Rp 188.273.789,38
2	Alternatif 2 dengan <i>Hammer Diesel</i>	Rp 2.084.433.653,31	-Rp 4.051.398,69
3	Alternatif 2 dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	Rp 2.084.433.653,31	-Rp 224.467.398,69
4	Alternatif 3 dengan <i>Hammer Diesel</i>	Rp 2.084.433.653,31	Rp 176.910.285,31
5	Alternatif 3 dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	Rp 2.084.433.653,31	Rp 29.966.285,31

Pada alternatif pertama digunakan pondasi *bored pile* dengan diameter 100 cm dan terjadi penghematan sebesar Rp 188.273.789,38. Pada alternatif kedua pondasi tiang pancang bulat diameter 60 cm dengan menggunakan alat *hammer diesel* didapatkan biaya yang lebih mahal sebesar Rp 4.051.398,69, sedangkan jika menggunakan *hammer hydraulic* maka akan muncul kerugian sebesar Rp 224.467.398,69. Alternatif ketiga digunakan pondasi tiang pancang bulat dimensi 80 x 80 cm, selisih harga didapatkan ketika menggunakan *hammer diesel* yaitu sebesar Rp 176.910.285,31 dan jika menggunakan *hammer hydraulic* maka akan muncul penghematan sebesar Rp. 29.966.285,31.

4.3. Pembahasan

Pada penerapan value engineering diperoleh tiga alternatif, pada alternatif pertama pondasi yang digunakan sama dengan pondasi eksisting yaitu pondasi *bored pile* dengan dimensi yang lebih besar sebesar 100 cm, sedangkan untuk alternatif kedua digunakan pondasi tiang pancang. Pada alternatif kedua menggunakan tiang pancang bulat diameter 60 cm dan Alternatif ketiga menggunakan tiang pancang bulat diameter 80 cm, dengan masing-masing dianalisis untuk penggunaan alat *hammer diesel* dan *hammer hydraulic*. Pada pembahasan ini peneliti akan membandingkan setiap alternatif terhadap beberapa aspek yang dapat dijadikan pertimbangan pemilihan pondasi .

a. Kekuatan

Segi kekokohan alternatif dapat dilihat dari besarnya daya dukung. Pada Pondasi alternatif pertama didapatkan daya dukung sebesar 54408,16 kN, pada alternatif kedua memiliki daya dukung 48736,8 kN, sedangkan pada alternatif ketiga

memiliki daya dukung 51601,36 kN. Sehingga dapat disimpulkan dari ketiga alternatif, alternatif pertama merupakan pondasi *bored pile* 100 cm adalah yang paling kokoh.

b. Pelaksanaan

Ditinjau dari sudut pandang pelaksanaan, baik pondasi bored pile ataupun pancang relatif memiliki kemudahan yang hampir sama. Namun pada item mobilisasi dan demobilisasi bored pile akan lebih mudah karena tidak banyak menggunakan alat berat. Kemudian untuk tiang pancang pelaksanaannya akan menimbulkan getaran dan kegaduhan yang mengganggu, lain halnya dengan pondasi bored pile yang tidak menimbulkan getaran ataupun suara gaduh.

c. Biaya

Pada aspek biaya serta persentase penghematan dapat dilihat pada table 4.31 berikut.

Tabel 4.31. Persentase Penghematan Biaya Alternatif Desain

No	Jenis Pekerjaan	Harga Existing	Selisih	Persentase
1	Alternatif 1	Rp 2.084.433.653,31	Rp 188.273.789,38	9,0%
2	Alternatif 2 dengan <i>Hammer Diesel</i>	Rp 2.084.433.653,31	Rp (4.051.398,69)	-0,2%
3	Alternatif 2 dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	Rp 2.084.433.653,31	Rp (224.467.398,69)	-10,8%
4	Alternatif 3 dengan <i>Hammer Diesel</i>	Rp 2.084.433.653,31	Rp 176.910.285,31	8,5%
5	Alternatif 3 dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	Rp 2.084.433.653,31	Rp 29.966.285,31	1,4%

Alternatif pertama pondasi *bored pile* diameter 100 cm terjadi penghematan sebesar Rp 188.273.789,38 dengan presentase sebesar 9%. Pada alternatif kedua pondasi tiang pancang bulat diameter 60 cm dengan menggunakan alat *hammer diesel* didapatkan biaya yang lebih mahal sebesar Rp 4.051.398,69 dengan presentase sebesar -0,2%, sedangkan jika menggunakan *hammer hydraulic* maka akan muncul kerugian sebesar Rp 224.467.398,69 dengan presentase sebesar -10,8%. Alternatif ketiga digunakan pondasi tiang pancang bulat dimensi 80 cm, selisih harga didapatkan ketika menggunakan *hammer diesel* yaitu sebesar Rp 176.910.285,31 dengan presentase sebesar 8,5% dan jika menggunakan *hammer hydraulic* maka akan muncul penghematan sebesar Rp. 29.966.285,31 dengan presentase sebesar 1,4%.

d. Analisis keuntungan dan kerugian

Adapun analisis keuntungan dan kerugian dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 4.32. Analisis Keuntungan dan Kerugian Alternatif Pondasi

Alternatif	Keuntungan	Kerugian
Alternatif 1	Mudah Pelaksanaannya	Beton Sudah Dikontrol
	Tidak Ada Penyambungan Tiang	Pengeboran Dan Pengecoran Tergantung Cuaca
	Tidak Menimbulkan Getaran Atau pun Suara Gaduh	Memerlukan Chasing
	Mobilisasi Demobilisasi Lebih Rendah	Daya Dukung Sangat Mendekati Daya Dukung Izin Sehingga Kurang Kokoh Disbanding Alternatif Lain
Alternatif II	Muka Air Dangkal Tidak Masalah	Menimbulkan Getaran Dan Kegaduhan Terhadap Lingkungan Sekitar
	Kualitas Beton Terbaik	Perlu Penyambungan Tiang
	Daya Dukung Cukup Kokoh	Proses Pemancangan Tanah Lempung Dapat Membuat Tanah Bergelombang Dan Tiang Bergeser Ke Samping
Alternatif III	Kualitas Beton Terbaik	Cost Saving sedikit
	Daya dukung cukup kokoh	Proses Pemancangan Tanah Lempung Dapat Membuat Tanah Bergelombang Dan Tiang Bergeser Ke Samping
	Muka air dangkal tidak masalah	Menimbulkan getaran dan kegaduhan terhadap lingkungan sekitar

Berdasarkan tabel 4.32 di atas, dapat diketahui bahwa dari alternatif I memiliki keunggulan mobilisasi dan demobilisasi lebih mudah karena alat berat yang

digunakan jauh lebih sedikit daripada alternatif lain, sedangkan pada alternatif II dan III memiliki kelebihan dan kekurangan relatif sama dikarenakan menggunakan jenis pondasi dalam yang sama yaitu tiang pancang.

e. Manfaat Bersih

Berdasarkan Tabel 4.33. manfaat dari jenis pondasi dapat dijabarkan secara angka sebagai berikut:

Tabel 4.33. *Scoring* Manfaat Bersih Pondasi

No	Aspek	Bored Pile	Tiang Pancang Hammer Diessel	Tiang Pancang Hammer Hydraulic
1	Dampak Terhadap Lingkungan			
	-Suara	3	1	3
	-Getaran	2	1	2
	-Kebersihan	1	2	2
2	Mutu Beton	1	3	3
3	Ketepatan Posisi pondasi	3	2	1
4	Mobilisasi Alat	3	1	1
	Jumlah	13	10	12

Pada tabel 4.33 dilakukan *scoring* untuk tiap alternatif dengan indeks nilai yang dipilih 1-3. Syarat penilaian yaitu pondasi yang memiliki manfaat paling besar akan diberikan nilai paling tinggi, sedangkan untuk aspek dampak atau resiko, penilaian akan diberikan dengan metode semakin besar dampaknya maka indeks nilai yang diberikan semakin sedikit.

f. Rekomendasi Desain

Berdasarkan dari analisis biaya pada Tabel 4.31. dapat disimpulkan bahwa Alternatif I memiliki penghematan paling banyak sebesar 9% atau selisih sebanyak Rp 188.273.789,38 dari harga pondasi eksisting, kemudian berdasarkan Tabel 4.33. dan perhitungan manfaat bersih dari ketiga alternatif ditemukan bahwa alternatif I *Bored Pile* memiliki manfaat yang paling tinggi daripada alternatif lainnya, sehingga peneliti merekomendasikan alternatif I yang merupakan alternatif desain bored pile diameter 100 cm dengan jumlah 12 buah per abutment sebagai desain paling efektif yang dapat diterapkan pada Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Gondang.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian *value engineering* yang dilakukan pada Struktur Pondasi Pembangunan Jembatan Sungai Gondang Proyek Jalan TOL Solo - Ngawi STA 49 + 533 diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penerapan *value engineering* pada pekerjaan pondasi Pembangunan Jembatan Sungai Gondang dapat dilakukan salah satunya dengan mengganti desain pada struktur bawah pondasi dengan hasil akhir tiga alternatif pekerjaan yaitu menggunakan Pondasi *Bored Pile* diameter 80cm , Tiang Pancang Bulat Pracetak diameter 60cm, dan Tiang Pancang Bulat Pracetak diameter 80cm.
2. Pada penelitian ini peneliti mendapatkan penghematan biaya (*cost saving*) biaya pekerjaan setelah dilakukan *value engineering* pada struktur pondasi jembatan sebesar Rp. 188.273.789,38 dengan presentase sebesar 9%.
3. Rencana anggaran biaya pada proyek pembangunan jembatan sungai Gondang sebesar Rp 11.931.440.000,00 setelah dilakukan penerapan *value engineering* pada struktur pondasi dengan alternatif desain struktur pondasi mengganti dengan pondasi *bored pile* diameter 1m diperoleh perbedaan biaya pembangunan sebesar Rp. 11.743.166.210,62 selisih Rp. 188.273.789,38 lebih kecil daripada rencana biaya awal.
4. Pada penelitian ini peneliti menggunakan tiga alternatif. Rekomendasi desain alternatif yang didapatkan setelah penerapan *value engineering* pada struktur pondasi jembatan sungai gondang yaitu menggunakan Alternatif 1 Pondasi *Bored Pile* diameter 100cm sebanyak 12 buah per abutment yang memiliki daya dukung sebesar 54.408,16 kN dan memiliki manfaat bersih paling besar dibanding dengan alternatif lainnya.

5.2. Saran

Setelah melakukan studi *value engineering* pada pembangunan jembatan sungai Gondang perlu dilakukan kajian selanjutnya khususnya pada bagian perhitungan struktur atas jembatan agar mampu diterapkan secara baik pada proyek sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Busri, M. H. (2014). Analisis Alternatif Desain Bangunan Jembatan dengan Value Engineering. *Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya*, 31-38.
- Dell'Isola, A. (1974). *Value Engineering in the Construction Industry*. New York: Construction Publishing Corp.,Inc.
- Edy Hartanto, Surya Eka Priana, Masril Masril. (2022). Analisis . *Analisis Biaya Overhead Dalam Proyek Pengadaan Barang dan Jasa Pekerjaan Irigasi di Kota Padang Panjang*, 20-26.
- Hamdan Dimiyati, Nurjaman Kadar. (2004). *Manajemen Proyek*. Bandung: CV Pustaka Setia.
- Harmoko, Mandiyo Priyo, Yoga Apriyanto Harsoyo. (2016). Aplikasi Value Engineering Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Tebat Gheban Kota Pagar Alam). *Naskah Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
2016. "SNI 1725:2016 Standar Pembebanan Untuk Jembatan". Departemen Pekerjaan Umum.
- Kerzner, H. (1995). *Project Management : A System Approach to Planning, Scheduling, Evaluation and Controlling*. New York: John Wiley & Sons.
- Lama, W. A. (2019). Penerapan Value Engineering pada Jembatan Wae Pesi Hulu di Flores, Nusa Tenggara Timur. *Bachelor (S1) thesis*, <http://erepository.uwks.ac.id/id/eprint/4407>.
- Mendonca, E. M. (2015). *Penerapan Value Engineering Pada Pembangunan Gedung MIPA Universitas Brawijaya Malang*. Malang: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 1994. "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi". PT Pradya Paramita, Semarang.
- Pratama, M. A. (2020). *Analisa Value Engineering Pada Struktur Bawah Jembatan Joyoboyo-Wonokromo Kota Surabaya*. Mojokerto: Universitas Islam Majapahit.
2019. "Daftar Harga Satuan Bahan Bangunan/Upah dan Analisa Pekerjaan". Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah BPIK Sragen.
- Soeharto, I. (1995). *Manajemen Proyek*. Jakarta: Erlangga.
- Zimmerman, L. (1978). *Value Engineering A Practical Approach*. New York: Van Nostrand Company.
- https://www.academia.edu/30100447/Business_Process_Reengineering
http://repository.unissula.ac.id/28601/2/30201900204_fullpdf.pdf