

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* PADA PROYEK
JEMBATAN (STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN
JEMBATAN PROGO – KRANGGAN, CS)**

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



Disusun Oleh :

**Radita Aulia Ainayyah
NIM : 30202000299**

**Rhomaita
NIM : 30202000301**

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* PADA PROYEK JEMBATAN (STUDI KASUS : PROYEK PENGGANTIAN JEMBATAN PROGO – KRANGGAN)



Radita Aulia Ainayyah
NIM : 30202000299



Rhomaita
NIM : 30202000301

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT.**
NIDN: 0614066301
2. **Eko Muliawan Satrio, ST., MT.**
NIDN: 0610118101
3. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng**
NIDN: 0605016802

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

A/N

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No:

Pada hari ini tanggal Agustus 2022 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
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:

Radita Aulia Ainayyah
NIM : 30202000299

Rhomaita
NIM : 30202000301

Judul : Penerapan Value Engineering Pada Proyek Jembatan (Studi Kasus: Proyek Penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs)

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	02/05/2022	ACC
2	Seminar Proposal	28/06/2022	
3	Pengumpulan data	12/05/2022	
4	Analisis data	29/06/2022	
5	Penyusunan laporan	25/05/2022	ACC
6	Selesai laporan	01/08/2022	


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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT.


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 : Radita Aulia Ainayyah / Rhomaita

NIM : 30202000299 / 30202000299

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan Value Engineering Pada Proyek Jembatan (Studi Kasus : Proyek Penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs)” 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, Agustus 2022

Yang membuat pernyataan 1,



METERAI TEMPEL
1538BAJX902160842

Radita Aulia Ainayyah
NIM : 30202000299

Yang membuat pernyataan 2,



METERAI TEMPEL
C3A6AAJX902160847

Rhomaita
NIM : 30202000301



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Radita Aulia Ainayyah
Rhomaita
NIM : 30202000299
30202000301
JUDUL TUGAS AKHIR : Penerapan Value Engineering Pada Proyek Jembatan
(Studi Kasus : Proyek Penggantian Jembatan Progo –
Kranggan, Cs)

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, 1 Agustus 2022
Yang membuat pernyataan 1,



Radita Aulia Ainayyah
NIM : 30202000299

Yang membuat pernyataan 2,



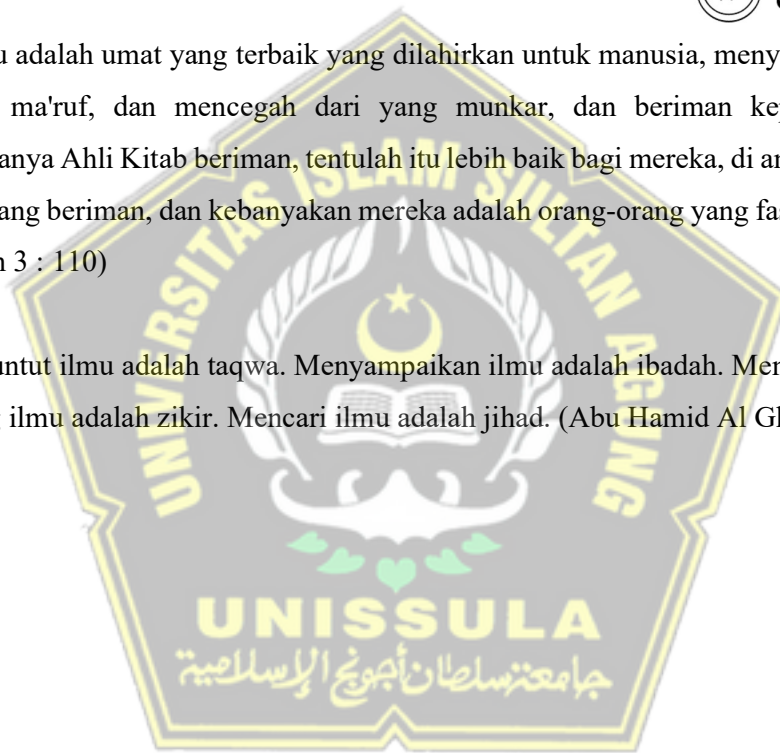
Rhomaita
NIM : 30202000301

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ
عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ
لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِّنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ
الْفَاسِقُونَ ﴿١١٠﴾

Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik. (QS. Ali Imran 3 : 110)

Menuntut ilmu adalah taqwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad. (Abu Hamid Al Ghazali)



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 penulis persembahkan untuk :

1. Orang tua serta keluarga kami yang senantiasa membantu dalam suka maupun duka.
2. Bapak Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT serta Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT. yang telah berkenan membimbing kami dari awal hingga akhir laporan ini dibuat.
3. Bapak Handaru dan Bapak Iko selaku PPK dan kontraktor dari Proyek Jembatan Progo Kranggan yang telah banyak membantu selama prosesi pengumpulan data untuk laporan ini.
4. Sahabat-sahabat kami yang selalu memberi dukungan secara moriil sehingga laporan ini bisa terselesaikan.
5. Teman-teman kelas transfer Unissula yang sudah banyak membantu dan menyemangati selama proses pembuatan Tugas Akhir.

Radita Aulia Ainayyah
NIM : 30202000299

Rhomaita
NIM : 30202000301

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Penerapan *Value Engineering* Pada Proyek Jembatan (Studi Kasus: Proyek Penggantian Jembatan Progo Kranggan)” 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. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
2. Bapak Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT. yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. 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, 10 Agustus 2022

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.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Proyek Konstruksi.....	5
2.1.1 Tahapan Proyek Konstruksi.....	6
2.1.2 Biaya Proyek	7
2.2. Jembatan.....	8
2.2.1 Bangunan Bawah (Sub Structure).....	9
2.2.2 Bangunan Atas (Upper Structure).....	9
2.3. Value Engineering (Rekayasa Nilai).....	10
2.3.1 Definisi Value Engineering	10
2.3.2 Manfaat Value Engineering	10
2.3.3 Konsep Value Engineering	10
2.4. Pembengkakan Biaya (Cost Overrun).....	13
2.5. Faktor-faktor Penggunaan Value Engineering.....	13
2.6. Tahapan-tahapan Value Engineering	14
2.7. Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Metode Penelitian.....	24
3.1.1. Objek Penelitian	24
3.1.2. Metode Pengumpulan Data	24
3.1.3. Metode Pengolahan Data	25
3.1.3.1. Tahap Informasi	25
3.1.3.2. Tahap Kreatif	26
3.1.3.3. Tahap Analisis.....	26
3.1.3.4. Tahap Rekomendasi	26

3.2. Bagan Alir	28
3.3. Jadwal Pelaksanaan	29
3.4. Rencana Anggaran Biaya	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data Proyek	32
4.2. Analisis Value Engineering	35
4.2.1. Tahap Informasi	35
4.2.2. Tahap Kreatif	42
4.2.3. Tahap Analisa	42
4.2.4. Tahap Rekomendasi	63
4.3. Pembahasan	63
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	70



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Breakdown Cost Model	15
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3.1 Barchart Jadwal Tugas Akhir.....	30
Tabel 3.2 Rencana Anggaran Biaya Tugas Akhir.....	30
Tabel 3.2 Rencana Anggaran Biaya Tugas Akhir.....	30
Tabel 4.1 Rekapitulasi Anggaran Biaya Proyek	35
Tabel 4.2 Rekapitulasi Anggaran Biaya Proyek	36
Tabel 4.3 <i>Breakdown Cost Model</i> RAB.....	36
Tabel 4.4 <i>Grafik Pareto</i> RAB	37
Tabel 4.5 <i>Breakdown Cost Model</i> Pekerjaan Struktur	38
Tabel 4.6 <i>Grafik Pareto</i> RAB	39
Tabel 4.7 Analisis Fungsi Pekerjaan Pondasi <i>Abutment</i>	41
Tabel 4.8 Perhitungan Daya Dukung Tiang <i>Bored Pile</i> ada titik BH - 1.....	43
Tabel 4.9 Perhitungan Daya Dukung Tiang <i>Bored Pile</i> pada titik BH - 2.....	44
Tabel 4.10 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Bulat	47
Tabel 4.11 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Persegi	49
Tabel 4.12 Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Tiang	50
Tabel 4.13 Checklist Metode Pelaksanaan Pondasi.....	51
Tabel 4.14 Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	52
Tabel 4.15 Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat	52
Tabel 4.16 Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Persegi	53
Tabel 4.17 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengeboran <i>Bored Pile</i>	54
Tabel 4.18 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Penulangan <i>Bored Pile</i>	55
Tabel 4.19 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengecoran <i>Bored Pile</i>	55
Tabel 4.20 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang Bulat	56
Tabel 4.21 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang Persegi .	56
Tabel 4.22 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang dengan <i>hammer diesel</i>	57
Tabel 4.23 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang dengan <i>hammer hydraulic</i>	57
Tabel 4.24. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemotongan Kepala Tiang Pancang (titik).....	58
Tabel 4.25 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kalendering	58
Tabel 4.26 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan Top Pile.....	59
Tabel 4.27 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Eksisting.....	59
Tabel 4.28 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Bored Pile	60
Tabel 4.29 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,8 m dengan Alat <i>Hammer Diesel</i>	60
Tabel 4.30 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,8 m dengan Alat <i>Hammer Hydraulic</i>	61
Tabel 4.31 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Persegi 0,5 m x 0,5 m dengan <i>Hammer Diesel</i>	61
Tabel 4.32 Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Persegi 0,5 m x 0,5 m dengan <i>Hammer Hydraulic</i>	62
Tabel 4.33 Komparasi Biaya Pekerjaan Pondasi	62
Tabel 4.34 Selisih Biaya Alternatif Pondasi	63

Tabel 4.35 Persentase Penghematan Biaya Alternatif Desain	64
Tabel 4.33 Analisis Keuntungan dan Kerugian Pondasi.....	65
Tabel 4.34 <i>Scoring</i> Manfaat Pondasi	66



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan <i>Value Engineering</i> menurut Soeharto	14
Gambar 2.2. Grafik Pareto	15
Gambar 4.1. Jembatan Progo Kranggan	32
Gambar 4.2. Lokasi Proyek.....	33
Gambar 4.3. Bor Log – 01	33
Gambar 4.4. Bor Log – 02	34



ABSTRAK

Pembengkakan biaya kerap kali terjadi dikarenakan perencanaan yang kurang baik ataupun hal-hal yang kurang diperlukan dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Pencegahan pembengkakan biaya tersebut dapat dicegah dengan melakukan evaluasi perencanaan sehingga proyek konstruksi dapat mencapai nilai akhir optimal yang disebut *value engineering*. Pada penelitian ini studi *value engineering* dilakukan pada proyek jembatan, khususnya Jembatan Progo Kranggan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, mengetahui desain paling efisien yang bisa diterapkan pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, mengetahui jumlah/besar biaya total sebelum dan sesudah dilakukan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, serta mengetahui rekomendasi alternatif yang didapatkan setelah penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs.

Jenis data yang diperlukan untuk penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud yaitu foto lapangan jembatan yang akan diteliti, 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, dan tahap rekomendasi.

Pada penelitian ini, *value engineering* dilakukan pada pekerjaan struktur pondasi jembatan. Desain awal menggunakan pondasi bored pile diameter 100 cm dengan rencana anggaran sebesar Rp Rp 941.608.143,87 yang kemudian peneliti menggunakan tiga desain sebagai alternatif dari pondasi eksisting. Desain yang paling efisien yang dapat diterapkan pada Jembatan Progo Kranggan yaitu dengan menggunakan pondasi bored pile diameter 80 cm. Biaya setelah dilakukan *value engineering* menjadi Rp 702.065.255,99 yang berarti terjadi penghematan sebesar 25% yaitu Rp 239.542.887,88, sehingga peneliti merekomendasikan desain pondasi bored pile diameter 80 cm karena merupakan desain yang memiliki manfaat bersih lebih tinggi daripada alternatif lainnya.

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

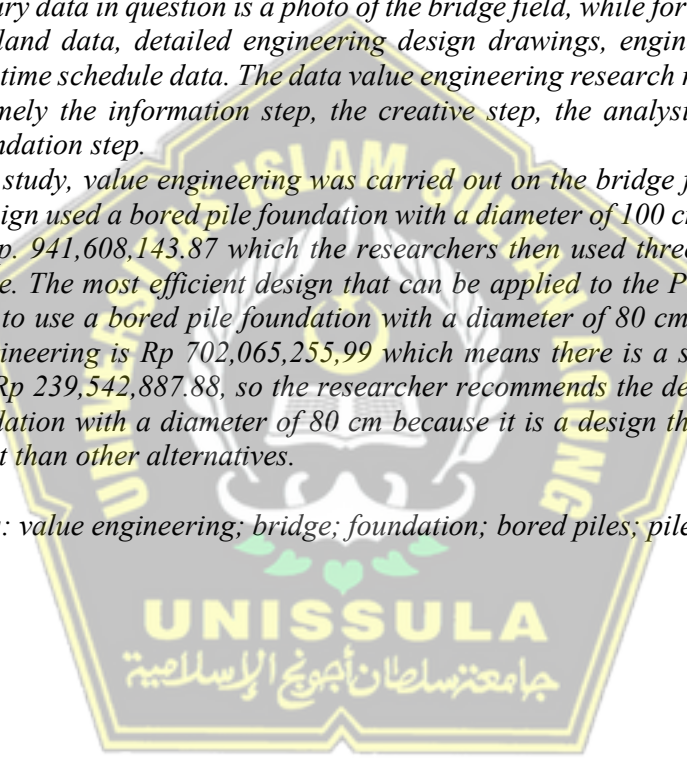
ABSTRACT

Cost overrun often occurs due to poor planning or things that aren't needed in the construction projects. Cost overruns can be prevented by evaluating the planning so that the construction project can achieve the optimal final value, which is called value engineering. This value engineering study was conducted on a bridge project, especially the Progo Kranggan Bridge. The purpose of this study is to determine the application of value engineering to the Progo Kranggan Bridge replacement project, to find out the most efficient design that can be applied to the Progo Kranggan Bridge, to determine the total cost before and after value engineering is carried out on the Progo Kranggan Bridge, and to know the alternative recommendations obtained after the application of value engineering in the Progo Kranggan Bridge.

The types of data needed for this research are primary data and secondary data. The primary data in question is a photo of the bridge field, while for secondary data required land data, detailed engineering design drawings, engineering estimate data, and time schedule data. The data value engineering research method has four steps, namely the information step, the creative step, the analysis step, and the recommendation step.

In this study, value engineering was carried out on the bridge foundation. The initial design used a bored pile foundation with a diameter of 100 cm with a budget plan of Rp. 941,608,143.87 which the researchers then used three designs as an alternative. The most efficient design that can be applied to the Progo Kranggan Bridge is to use a bored pile foundation with a diameter of 80 cm. The cost after value engineering is Rp 702,065,255,99 which means there is a savings of 25%, which is Rp 239,542,887.88, so the researcher recommends the design of a bored pile foundation with a diameter of 80 cm because it is a design that has a higher net benefit than other alternatives.

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



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan zaman dan kemajuan teknologi membuat kebutuhan manusia semakin beragam sehingga menuntut industri jasa konstruksi untuk memenuhi keberagaman tersebut. Salah satunya adalah bidang transportasi. Transportasi adalah salah satu faktor penunjang perekonomian negara, karena secara tidak langsung transportasi merupakan faktor pendukung dari bagian distribusi. Hal yang paling berpengaruh pada transportasi darat adalah ketersediaan perkerasan jalan. Jembatan merupakan salah satu konstruksi yang menjadi pendukung transportasi, dengan adanya jembatan diharapkan arus lalu lintas semakin lancar, waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan efisien, dan ekonomi negara juga semakin membaik.

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.

Menurut Zimmerman dan Hart (1982), rekayasa nilai adalah suatu teknik manajemen yang mencoba menggunakan pendekatan sistematis untuk mencari keseimbangan fungsi yang terbaik antara biaya, kinerja, dan penampilan dari suatu proyek. Metodenya adalah memperbaiki manajemen dan peningkatan dengan mengidentifikasi dan menghilangkan biaya yang tidak diperlukan.

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 penggantian Jembatan Progo Kranggan, cs hanya pada bagian pekerjaan struktur bawah. 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 penggantian Jembatan Progo Kranggan, cs dengan munculnya cost saving.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas sehingga didapatkan rumusan masalah yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs?
2. Bagaimana desain paling efisien yang dapat digunakan dari penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs?
3. Bagaimana terjadi penghematan biaya dari penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs?
4. Apa rekomendasi alternatif yang didapatkan setelah penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs?

1.3. Maksud dan Tujuan

2. Mengetahui penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs.
3. Mengetahui desain yang optimal yang bisa diterapkan pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs.
4. Mengetahui jumlah/besar biaya total sebelum dan sesudah dilakukan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs.
5. Mengetahui rekomendasi alternatif yang didapatkan setelah penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs.

1.4. Batasan Masalah

Luasnya penerapan value engineering dalam pelaksanaan konstruksi dapat mengakibatkan penyimpangan penelitian, sehingga peneliti memberikan batasan masalah. Analisis value engineering dengan studi kasus proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs dibatasi beberapa hal, sebagai berikut :

1. Waktu pelaksanaan yang digunakan sesuai dengan waktu pelaksanaan kontrak awal.
2. Desain awal yang digunakan adalah desain yang dibuat oleh konsultan perencana.
3. Anggaran biaya dan harga satuan diambil sesuai dengan data pada RAB.
4. Pekerjaan yang dilakukan rekayasa nilai dipilih berdasarkan grafik pareto.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu untuk:

1. Memberikan informasi atau rekomendasi alternatif material apa saja yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya dalam suatu proyek.
2. Menambah wawasan ilmu manajemen konstruksi khususnya mengenai *value engineering*.

1.6. Sistematika Penulisan

Pembuatan Tugas Akhir ini ada beberapa bab sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi tentang penyusunan laporan tugas akhir dengan sub bab meliputi latar belakang laporan, rumusan masalah, tujuan dan maksud laporan, batasan masalah, manfaat penyusunan laporan serta sistematika laporan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisi mengenai beberapa hal yang dijadikan sebagai dasar dalam pengambilan tema penelitian, penentuan langkah pelaksanaan dan metode penganalisaan yang diambil dari beberapa sumber yang memiliki tema sesuai dengan penelitian ini. Di dalam bab II juga berisi mengenai beberapa penelitian sebelumnya untuk melihat perbandingan tujuan, metode dan hasil analisa yang ada.

BAB III : METODE PENELITIAN

Dalam bab ini berisi penjelasan tentang metode dan langkah-langkah yang digunakan dalam pengambilan data di lapangan, serta metode penyajian dan analisa data yang akan dipakai untuk mengolah data yang nantinya didapatkan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan dan hasil dari tugas akhir ini, sehingga peneliti dapat mengetahui dan membandingkan perencanaan proyek yang asli dengan proyek menggunakan *value engineering*.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proyek Konstruksi

Proyek merupakan sekumpulan aktivitas yang saling berhubungan dimana ada titik awal dan titik akhir serta hasil tertentu, proyek biasanya bersifat lintas fungsi organisasi sehingga membutuhkan bermacam keahlian (*skills*) dari berbagai profesi dan organisasi. Setiap proyek adalah unik, bahkan tidak ada dua proyek yang persis sama. Proyek adalah aktivitas sementara dari personil, material, serta sarana untuk menjadikan/mewujudkan sasaran-sasaran (*goals*) proyek dalam kurun waktu tertentu yang kemudian berakhir (PT. PP, 2003)

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. 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 perlu adanya manajemen proyek agar proyek berjalan sesuai dengan apa yang diinginkan.

Manajemen proyek Menurut Dimiyati dan Nurjaman (2014), Manajemen proyek merupakan proses merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan kegiatan anggota organisasi serta sumber daya lainnya sehingga dapat mencapai sasaran organisasi telah ditentukan sebelumnya. Tujuan dari adanya manajemen proyek adalah agar dapat dilakukan pengelolaan terhadap fungsi-fungsi manajemen sehingga hasil yang diperoleh optimum dengan sumber daya yang efisien. Menurut Kerzner (1995), ada tujuh aspek yang dijadikan acuan dalam mengalisa proyek serta pengendalian manajemen proyek yang terencana akan menghasilkan potensi dalam beberapa hal, antara lain :

- a. Pengidentifikasian terhadap fungsi tanggung jawab untuk dapat meyakinkan bahwa semua aktivitas dapat terjamin kelancarannya.
- b. Mengurangi kebutuhan akan laporan yang berkesinambungan.
- c. Pengidentifikasian terhadap batas penjadwalan.
- d. Pengidentifikasian terhadap metodologi analisa kerja.
- e. Pengukuran tingkat perencanaan.

- f. Pengujian kemampuan perkiraan terhadap perencanaan ke depan.
- g. Dapat mengendalikan pekerjaan yang tidak sesuai dengan tujuan

2.1.1 Tahapan Proyek Konstruksi

Tahapan proyek konstruksi dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :

1. Tahap Perencanaan (*Planning*)

Tahap ini berisi tentang gagasan atau ide dari proyek dari proyek konstruksi yang akan dilakukan seperti mengkaji dan menganalisa kebutuhan masyarakat yang paling dibutuhkan kemudian menggagaskan proyek konstruksi yang sesuai kebutuhan atau permasalahan masyarakat, sehingga dengan adanya tahapan perencanaan ini proyek yang dibangun tepat sasaran dan dapat menjawab kebutuhan masyarakat yang akan menggunakan konstruksi tersebut nantinya.

2. Tahap Analisa kelayakan

Tahap ini merupakan tahapan analisis atau studi kelayakan yang tujuannya untuk menimbang kembali perlukah proyek tersebut dilaksanakan dan keuntungan apa saja yang didapatkan dengan melaksanakan proyek tersebut yang kemudian menjelaskan lebih rinci tentang :

- a. Rancangan proyek serta estimasi biaya pembangunan;
- b. Biaya balik modal atau *break event point (BEP)*;
- c. Analisa dampak lingkungan;
- d. Manfaat dan tujuan dari dibangunnya proyek tersebut.

3. Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap ini merupakan fase perancangan (*design*) proyek konstruksi secara detail dan terperinci dari bangunan, produk yang dihasilkan yaitu *design engineering design (DED)*, spesifikasi bangunan, kerangka acuan kerja, serta rencana anggaran biaya.

4. Tahap Pengadaan (*Procurement/Tender*)

Tahap ini dilakukan dalam rangka pemilihan kontraktor yang nantinya melaksanakan proyek konstruksi sesuai yang direncanakan. Mekanisme

pengadaan menggunakan sistem gugur dengan penawaran terendah ataupun sistem nilai dengan kualifikasi penyedia yang telah ditentukan.

5. Tahap Pelaksanaan (*Construction*)

Tahap ini dilakukan oleh kontraktor yang terpilih berdasarkan acuan perencanaan dan perancangan oleh konsultan sebelumnya. Tahap pelaksanaan diawali dengan tanda tangan kontrak terlebih dahulu antara kuasa pengguna anggaran dengan direktur perusahaan. Kontrak ini mengikat kedua belah pihak yang berisi nilai kontrak, pasal-pasal, gambar teknis bangunan, serta spesifikasi dari bangunan tersebut. Masa pelaksanaan pembangunan telah disetujui secara bersama dengan konsekuensi denda apabila terjadi keterlambatan. Komponen yang terkait dalam tahap ini antara lain direksi/instansi, kontraktor, konsultan pengawas dan supplier. Tujuan dilaksanakannya perencanaan dan pengendalian ini dilaksanakan untuk :

- a. Proses pelaksanaan pembangunan selesai tepat waktu;
- b. Mengkoordinasikan kegiatan di lapangan;
- c. Pengadaan material dan alat untuk mendukung proyek konstruksi;
- d. Suplier tenaga baik tukang maupun pekerja.

6. Tahap Pemeliharaan (*Maintainance*)

Setelah pembangunan proyek selesai, kemudian diserahkan kepada pemerintah dari kontraktor, untuk jangka waktu tertentu masih dalam tanggung jawab kontraktor, hal ini disebut dengan masa pemeliharaan. Kerusakan yang timbul pada bangunan masih menjadi tanggung jawab kontraktor.

2.1.2 Biaya Proyek

Biaya merupakan salah satu faktor yang penting pada proyek. Setiap proyek konstruksi selalu memiliki biaya, sehingga membuat biaya tak bisa terlepas dari suatu proyek. Menurut Edy Hartanto, cs (2022) biaya proyek adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan suatu proyek. Dalam melakukan estimasi biaya proyek diperlukan komponen yang menentukan besar biaya total pada proyek tersebut, seperti :

1. *Direct Cost* (Biaya Langsung)

Biaya langsung merupakan biaya yang dikeluarkan secara langsung selama pelaksanaan proyek konstruksi berjalan, seperti biaya material, biaya upah pekerja, dan biaya peralatan atau equipments yang digunakan untuk pelaksanaan proyek.

2. *Indirect Cost* (Biaya Tidak Langsung)

Biaya tidak langsung adalah biaya yang diakibatkan pelaksanaan proyek namun tidak berhubungan langsung dengan pelaksanaan pekerjaan. Macam-macam biaya tidak langsung yaitu :

a. *Biaya Overhead*

Biaya Overhead sendiri dapat terbagi menjadi 2 macam, yaitu :

- *Overhead* proyek (di lapangan)
- *Overhead* kantor
- b. Biaya tidak terduga (*contingencies*)
- c. Keuntungan / *profit*

2.2. Jembatan

Jembatan merupakan suatu struktur penting dalam infrastruktur jalan raya yang berfungsi untuk menghubungkan suatu ruas jalan yang terputus karena suatu rintangan (Hadi Nicholas et al, 2018). Rintangan bisa berupa danau, sungai, jurang, lembah yang kemudian rintangan tersebut dapat dilewati dengan adanya jembatan, sehingga jembatan merupakan salah satu komponen yang memudahkan distribusi yang secara tidak langsung membantu pertumbuhan ekonomi negara dan pemerataan kemajuan setiap daerah.

Dalam perencanaan konstruksi jembatan dikenal dua bagian struktur yang merupakan satu kesatuan yang utuh yakni struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structur*). Berikut disajikan uraian mengenai penjelasan singkat bagian – bagian struktur konstruksi jembatan, diantaranya:

2.2.1. Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Bangunan bawah jembatan adalah bagian konstruksi jembatan yang menahan beban dari bangunan atas jembatan dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian

disalurkan menuju tanah dasar. Berikut adalah bagian-bagian struktur bawah jembatan :

1. Pondasi

Pondasi merupakan bangunan terbawah yang menerima beban kombinasi dan kemudian diteruskan ke lapisan tanah keras yang telah diperhitungkan cukup kuat menahan beban di atasnya dengan angka keamanan yang telah diperhitungkan (*safety factor*).

2. Abutment

Abutment adalah suatu konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung-ujung jembatan, yang berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi.

3. Pilar

Pilar adalah suatu konstruksi jembatan yang terdapat pada tengah bentang jembatan, yang berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi dan sesuai dengan standar yang ada, panjang bentang rangka, sehingga apabila bentang sungai melebihi panjang maksimum jembatan tersebut maka dibutuhkan pilar.

2.2.2. Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Bangunan atas jembatan merupakan bagian konstruksi jembatan yang berfungsi menerima beban – beban langsung jembatan yang meliputi: berat struktur sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki, dan lain sebagainya, yang kemudian disalurkan ke struktur di bawahnya. Berikut merupakan bagian – bagian konstruksi bangunan atas jembatan yang terdiri dari:

1. Perkerasan Aspal
2. Plat Lantai Kendaraan
3. Balok Girder
4. Bangunan Pelengkap

2.3. Value Engineering (Rekayasa Nilai)

2.3.1. Definisi Value Engineering

Value Engineering atau Rekayasa Nilai yaitu usaha yang terorganisasi secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis) (Harmoko et al, 2016). Value engineering dapat diartikan dengan suatu metode untuk menganalisa secara teknik dan nilai suatu proyek dengan tujuan mendapatkan nilai proyek serendah-rendahnya. Sesuai dengan definisinya, rekayasa nilai memiliki tujuan yaitu mendapatkan nilai proyek serendah-rendahnya dengan cara mengidentifikasi hal yang diperlukan dan hal yang tidak diperlukan atau dapat dikembangkan dengan alternatif lain sehingga tercipta nilai terendah namun kinerjanya tetap sama atau lebih efektif.

2.3.2. Manfaat *Value Engineering*

Manfaat *value engineering* dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Berkurangnya biaya proyek;
- b. Meningkatkan kualitas proyek;
- c. Meningkatkan kepuasan pelanggan;
- d. Nilai (*value*) proyek lebih meningkat;
- e. Meningkatkan produktifitas.

2.3.3. Konsep *Value Engineering*

Konsep rekayasa nilai menekankan pada biaya produksi atau jasa tanpa melepaskan prinsip-prinsip *engineering*. Dengan dilakukan *value engineering* diharapkan proyek mendapatkan nilai terbaik dengan ide-ide baru seperti memilih design alternatif desain yang lebih efektif dapat menjadi cara untuk mendapatkan nilai manfaat bersih tertinggi. Banyak faktor yang dapat dijadikan pertimbangan selama proses analisis seperti fungsi, biaya, dan umur rencana dapat menjadi penentuan desain yang digunakan. Konsep *value engineering* dapat dijelaskan dengan poin-poin sebagai berikut:

1. Nilai (*Value*)

Definisi nilai tidak dapat dipisahkan dengan biaya ataupun harga. Dalam lingkup *value engineering*, nilai akan dikaitkan dengan ekonomi. Menurut Mendonca (2015) pengertian nilai dan biaya dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Ukuran nilai ditentukan oleh fungsi atau kegunaannya sedangkan harga atau biaya ditentukan oleh substansi barangnya atau harga komponen-komponen yang membentuk barang tersebut.
 - b. Ukuran nilai cenderung kearah subyektif sedangkan biaya tergantung kepada (*monetary value*) pengeluaran yang telah dilakukan untuk mewujudkan barang.
2. Fungsi

Mendonca (2015) menerangkan fungsi sebagai berikut:

- a. Fungsi dasar, yaitu alasan pokok sistem itu terwujud. Misalkan sebuah truck, fungsi pokoknya adalah pengangkut, hal itulah yang membuat produsen memproduksinya. Bila sebuah produk kehilangan fungsi dasarnya, maka sebuah produk akan kehilangan nilai jualnya.
- b. Fungsi kedua adalah kegunaan tidak langsung untuk memenuhi fungsi dasar, akan tetapi diperlukan untuk menunjangnya. Fungsi kedua terkadang menimbulkan hal-hal yang tidak disukai. Misalnya untuk menggerakkan truck dipilih mesin diesel yang relatif hemat bahan bakar dan murah, akan tetapi mengeluarkan asap hitam yang pekat.
- c. Fungsi tak perlu adalah apa saja yang diberikan dan tidak diberikan memiliki nilai kegunaan, nilai tambah, nilai tukar dan nilai estetika.

Fungsi merupakan alat komunikasi (Snodgrass dan Kasi, 1986) yang menerjemahkan kebutuhan dan keinginan pelanggan/pengguna. Fungsi yang didefinisikan dengan baik akan dapat menampilkan berbagai kesalahpahaman dan dapat mengungkapkan kesalahan konsep yang ada pada suatu proyek / sistem / fasilitas. Selain itu fungsi dapat dijadikan sebagai fondasi dan katalisator untuk solusi yang inovatif (Kelly dan Male, 2005; Snodgrass dan Kasi, 1986). Fungsi menjadi bagian penting pada studi *value engineering* dikarenakan tujuan dari dilakukanya studi ini adalah mendapatkan alternatif desain terbaik dengan biaya terendah dan fungsi yang tidak banyak diturunkan.

3. Biaya (*Cost*)

Dalam konsep *value engineering*, biaya dapat diartikan dengan semua anggaran yang dikeluarkan dari proses awal hingga terakhir. Proses yang dimaksud merupakan proses dari gagasan ide, perencanaan, pelaksanaan, operasional, hingga umur konstruksi tersebut habis. Produsen sebagai penghasil suatu produk akan memikirkan keterkaitan biaya terhadap kualitas, reabilitas, *maintainability* karena akan berpengaruh bagi pemakai.

Dalam Che Mat (2002) menguraikan bahwa unsur biaya yang tidak seharusnya ada merupakan biaya yang tidak memberikan dampak signifikan pada suatu proyek, biaya yang tidak menambah nilai suatu produk atau tidak penting untuk mencapai fungsi yang ditetapkan atau biaya yang tidak menghasilkan kualitas, kegunaan, penampilan (*apperance*) atau fitur pelanggan (*customer features*).

4. Hubungan antara Nilai, Fungsi dan Biaya

Hubungan antara nilai, fungsi, dan biaya dapat dijelaskan dengan rumus sebagai berikut:

a. Bagi produsen : $\text{Nilai} = \frac{\text{Fungsi}}{\text{Biaya}}$

b. Bagi konsumen: $\text{Nilai} = \frac{\text{Manfaat}}{\text{Biaya}}$

Dari rumus tersebut maka cara meningkatkan nilai yaitu (Soeharto, 1995:315):

- a. Memperbaiki fungsi atau manfaat produk konstruksi tanpa menambah biaya produksi atau jasa;
- b. Mengurangi biaya produksi dengan mempertahankan kualitas fungsi produk konstruksi;
- c. Kombinasi a dan b.

2.4. Pembengkakan Biaya (*Cost Overrun*)

Cost overrun atau yang biasa disebut pembengkakan biaya adalah biaya yang melebihi anggaran proyek (budget) yang telah ditetapkan saat perhitungan estimasi biaya sehingga menimbulkan kerugian (Remi, 2017) Faktor timbulnya pembengkakan biaya menurut Remi (2017) sebagai berikut:

1. Kurang tepatnya estimasi biaya proyek;
2. Koordinasi yang kurang antara owner, konsultan, dan kontraktor sebagai pelaksana;
3. Tidak lengkapnya dokumen proyek;
4. Kesalahan pemilihan, keterlambatan, kenaikan harga, atau pencurian material;
5. Kualitas tenaga kerja yang kurang baik;
6. Biaya sewa dan mobilisasi peralatan yang tinggi;
7. Pengendalian dana yang kurang bijak atau suku bunga yang tinggi;
8. Penjadwalan proyek yang kurang tepat;
9. Perubahan kebijakan atau peraturan pemerintah;
10. Cuaca buruk maupun bencana alam.

2.5. Faktor-faktor Penggunaan *Value Engineering*

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penggunaan *value engineering* menurut Nugroho, dkk (2018) adalah:

- a. Tersedianya data-data perencanaan
Data perencanaan adalah data yang berhubungan dengan proses perencanaan bagaimana sebuah bangunan akan dibangun dan dilakukan *value engineering*.
- b. Biaya awal (*initial cost*)
Biaya awal adalah biaya yang dikeluarkan saat awal tahap pelaksanaan proyek hingga selesai.
- c. Persyaratan operasional dan perawatan
Dalam suatu *value engineering* juga harus mempertimbangkan nilai operasional dan perawatan dalam alternatif-alternatif desain yang disampaikan melalui analisis *value engineering* dengan jangka waktu tertentu.
- d. Ketersediaan material
Ketersediaan material merupakan material alternatif yang digunakan dalam analisis *value engineering* suatu pelaksanaan konstruksi atau pekerjaan. Tiap item material dalam pekerjaan harus mempunyai kemudahan dalam pencariannya dan tersedia dalam jumlah yang cukup daerah proyek.
- e. Penyesuaian terhadap standar

Penyesuaian terhadap standar dimaksudkan sebagai semua alternatif yang digunakan dalam value engineering harus mempunyai standar dalam pembangunan yang baik dalam pelaksanaannya seperti akurasi dimensi, persisinya, maupun kualitasnya.

f. Dampak terhadap penggunaan

Dampak terhadap penggunaan didalam *Value Engineering* dimaksudkan bahwa suatu bangunan harus mempunyai lebih banyak dampak positif kepada pengguna dari segi keamanan maupun kenyamanan.

2.6. Tahapan-tahapan Value Engineering



Gambar 2.1 Tahapan *Value Engineering* menurut Soeharto (2001)

a. Tahap Informasi

Tahap pertama yang harus dilakukan ketika melakukan value engineering yaitu mengumpulkan informasi. Informasi tersebut dapat berupa data proyek secara umum maupun data item pekerjaan dalam bentuk tabel, yang nantinya akan dianalisis dan menentukan item pekerjaan yang memungkinkan untuk dilakukan value engineering:

1) *Breakdown cost model*

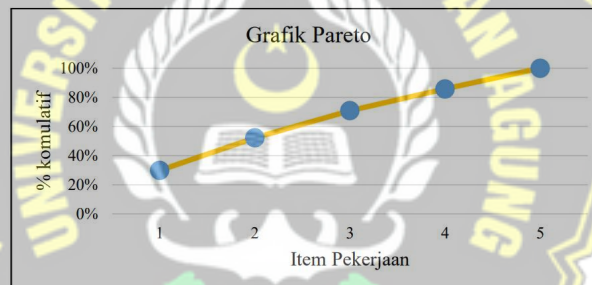
Pada model ini sistem dipecah dari elemen tertinggi sampai elemen terendah, dengan mencantumkan biaya untuk tiap elemen untuk melukiskan distribusi pengeluaran.

Tabel 2.1. Breakdown Cost Model

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

2) Hukum Distribusi Pareto

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



Gambar 2.2. Grafik Pareto

3) Analisis Fungsi

Setelah item pekerjaan yang berpotensi untuk dilakukan rekayasa nilai telah diperoleh maka tahap selanjutnya dilakukan analisis fungsi. Analisis fungsi merupakan bagian penting dalam rekayasa nilai karena pada bagian inilah yang membedakan rekayasa nilai dengan teknik-teknik penghematan biaya lainnya. Analisis fungsi dilakukan dengan mengidentifikasi fungsi yang terdiri dari kata kerja dan kata benda. Dan langkah selanjutnya dilakukan perbandingan antara

nilai tukar dengan nilai primer atau yang sering dikenal dengan sebutan indeks nilai. Menurut (Sabrang, 1998) indeks nilai adalah perbandingan antara nilai tukar (Nt) atau harga barang atau jasa semula dengan nilai primer (Np) atau harga barang atau jasa untuk komponen-komponen yang mendukung fungsi primer barang atau jasa tersebut. Dengan ketentuan sebagai berikut :

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

b. Tahap Spekulasi

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

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

c. Tahap Analisa

Tujuan dari tahap analisa adalah menganalisa dan mengkritik alternatif-alternatif yang telah ditentukan pada tahap spekulasi. Menurut Barrie dan Paulson (1995) menyatakan, alternatif-alternatif yang dihasilkan pada tahap spekulasi dibawa dan dibahas lebih jauh pada tahap analisis. Serangkaian analisis yang dilakukan atas setiap alternatif yang dihasilkan tersebut bertujuan :

- 1) Mengadakan evaluasi, mengajukan kritik dan menguji alternatif yang dihasilkan dalam setiap tahap kreatif.

- 2) Memperkirakan nilai rupiah untuk setiap alternatif.
- 3) Menentukan salah satu alternatif yang memberikan kemampuan penghematan biaya terbesar namun dengan mutu, penampilan dan keandalan terjamin.

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

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

d. Tahap Pengembangan

Pada tahap ini alternatif-alternatif yang terpilih pada tahap sebelumnya dibuat program pengembangannya sampai menjadi usulan yang lengkap. Tujuan dari tahap pengembang adalah (Barrie dan Paulson, 1995) :

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

e. Tahap Penyajian dan Program Tindak Lanjut

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

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

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



2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai *value engineering* yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut daftar penelitian terdahulu yang dirangkum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Metode	Hasil
1.	“Penerapan <i>value engineering</i> pada jembatan Wae Pesi Hulu di Flores, Nusa Tenggara Timur” (2019)	Metode“ rencana kerja rekayasa nilai yang terdiri dari tahap informasi, tahap kreatif, tahap” analisa menggunakan metode AHP (Analytic Hierarchy Process) dan tahap rekomendasi.	Hasil analisa didapatkan penghematan biaya pada satu alternative yaitu alternative penggunaan beton V prategang (A3) 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.
2.	“Analisis <i>value engineering</i> pada pondasi jembatan (Studi kasus : Proyek jembatan Kali Cengger tol	Metode yang digunakan dikenal dengan <i>value engineering</i> job plan yaitu tahap informasi, tahap kreatif atau tahap spekulasi,	Pekerjaan struktur pondasi dengan desain awal adalah Rp. 70.741.519.932 dan setelah dilakukan analisis VE

	Semarang-Solo ruas Salatiga-Boyolali sesi ampel-Boyolali” (2018)	tahap analisis, tahap pengembangan, dan tahap penyajian dan tindak lanjut.	diperoleh biaya alternative satu Rp. 70.472.541.358 dengan penghematan sebesar Rp. 268.978.574 dan biaya pekerjaan alternative dua sebesar Rp. 69.406.435.961 dengan penghematan sebesar Rp. 1.335.083.971.
3.	“Penerapan <i>value engineering</i> pada proyek konstruksi (Studi kasus : Proyek Jalan dan Jembatan Lemah Abang di kabupaten Gunungkidul)” (2018)	Metode yang digunakan adalah melakukan rekayasa nilai komponen struktur jembatan.	Menggunakan beberapa alternatif pilihan sesuai dengan hasil terbesar setiap komponen struktur, seperti pada pekerjaan pondasi pilihan terbaik yaitu menaikkan mutu beton, pekerjaan pelat lantai menggunakan alternatif satu dengan menaikkan mutu beton. Total biaya dari pemilihan alternatif adalah Rp.3.303.570.436,91 bila dibanding existing diperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 214.240.057,69 atau sebesar 6 % sehingga penghematan dari total

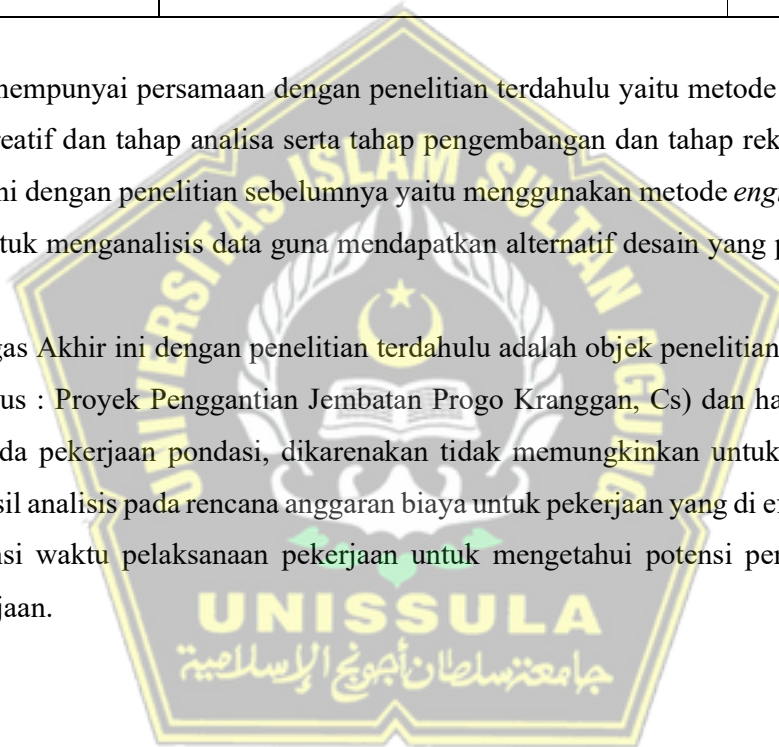
			biaya pekerjaan jembatan sebesar 2,23%.
4.	“ Aplikasi <i>value engineering</i> pada proyek konstruksi (Studi kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Tebet Gheban Kota Pagar Alam)” (2016)	Metode yang digunakan adalah tahap informasi, tahap spekulasi, tahap analisa, tahap pengembangan dan tahap penyajian.	Hasil dari analisis diperoleh dua alternatif untuk menggantikan desain awal yaitu alternatif satu seluruh pondasi abutment menggunakan tiang pancang beton pracetak prategang persegi ukuran 0,5 x 0,5 m dengan kedalaman tiang 12 m, dan alternatif kedua seluruh pondasi abutment menggunakan pondasi bored pile diameter 0,6 m dengan 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 %.

5.	“Analisis alternatif desain bangunan Jembatan dengan <i>value engineering</i> ” (2014)	Metode yang digunakan adalah analisis rekayasa nilai dengan jembatan <i>pre-cast</i> , jembatan rangka baja dan jembatan beton konvensional yaitu tahap informasi, tahap analisis, tahap kreatif dan tahap pengembangan.	Hasil yang diperoleh adalah membandingkan struktur jembatan konvensional, jembatan <i>pre-cast</i> dan jembatan rangka baja yaitu paling hemat biaya adalah jembatan beton konvensional, sedangkan jembatan <i>pre-cast</i> dan jembatan rangka baja sebagai alternatif.
6.	“Analisa <i>value engineering</i> pada struktur bawah Jembatan Joyoboyo-Wonokromo Kota Surabaya” (2020)	Metode yang digunakan adalah tahap informasi, tahap spekulasi, tahap analisa, tahap pengembangan dan tahap penyajian,	Hasil yang diperoleh adalah terdapat dua alternatif untuk menggantikan desain awal tiang pancang berdiameter 600 mm dengan panjang 36 m yaitu alternatif satu menggunakan pondasi tiang pancang beton persegi ukuran 500 x 500 mm dengan kedalaman 36 m dengan penghematan biaya Rp. 1.436.200.000 atau 10, 90 % dan alternatif dua seluruh pondasi tiang pancang berdiameter 500 mm dengan kedalaman 36 m dengan

			penghematan biaya Rp. 1.848.150.000 atau 14,03 %.
--	--	--	--

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 *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 Proyek Pembangunan Jembatan (Studi Kasus : Proyek Penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs) dan hanya melakukan analisa rekayasa nilai pada bagian struktur bawah saja pada pekerjaan pondasi, dikarenakan tidak memungkinkan untuk menganalisa seluruh pekerjaan pada proyek. 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 bias diperoleh dengan percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menganalisis penghematan biaya pada Penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs 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 Proyek Pembangunan Jembatan Progo Kranggan Kabupaten Temanggung Provinsi Jawa Tengah.

3.1.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan metode pengambilan data primer dan data sekunder. 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 hasil pengamatan penulis tentang objek penelitian secara langsung. Fungsi dari observasi sendiri yaitu untuk mengetahui kondisi nyata jembatan, kondisi lapangan, serta lingkungan.

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 denah ruang , gambar potongan, serta detail konstruksi sehingga bisa dilihat jenis material dan konstruksi yang digunakan.

3. Dokumen *Engineering Estimate* (EE)

Data *Engineering Estimate* (EE) merupakan dokumen perhitungan total biaya pembangunan jembatan. Dokumen ini juga dapat disebut sebagai dokumen RAB atau rencana anggaran biaya yang didalamnya terdiri dari berbagai item

pekerjaan yang ada pada bangunan. Besaran biaya yang ada pada EE merupakan besarnya nilai investasi 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

3.1.3.1. Tahap Informasi

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya mengenai objek penelitian. Analisis ini bermaksud mencari item-item pekerjaan berbiaya tinggi, dimana dapat dilakukan dengan beberapa teknik diantaranya yaitu:

a. *Breakdown*

Tahap ini digambarkan distribusi pemakaian biaya dari item-item pekerjaan suatu elemen bangunan. Item pekerjaan dipecahkan dari item pekerjaan berbiaya tinggi ke item berbiaya rendah. Jumlah biaya item pekerjaan tersebut kemudian diperbandingkan dengan total biaya proyek untuk mendapatkan persentase bobot pekerjaan, jika memiliki bobot pekerjaan besar, maka item pekerjaan tersebut potensial untuk 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. Mengurutkan biaya dari yang terbesar ke terkecil
2. Menjumlahkan biaya pekerjaan total secara komulatif
3. Menghitung persentase biaya masing-masing 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

Tahap kreatif rekayasa nilai dilakukan dengan melakukan eksplorasi ide-ide dan gagasan alternatif. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah teknik brainstorming, yaitu salah satu teknik penyelesaian masalah dengan cara diskusi bersama dalam sebuah tim.

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 keuntungan dan kerugian yang mana pada tahap analisis ini mempunyai tujuan untuk memperoleh dan mendapatkan alternatif terbaik dari ide-ide atau gagasan-gagasan yang muncul pada tahap kreatif.

Analisis daya dukung pondasi adalah sebagai berikut :

1. Daya dukung ujung pada tanah kohesif

$$C_u = N\text{-SPT} \times 2/3 \times 10 \dots\dots\dots(3.2.)$$

Keterangan :

C_u = Kohesi *Undrained* (kN/m²)

N-SPT = *Standard Penetration Test*

2. Daya dukung ujung pada tanah kohesif

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \dots\dots\dots(3.3.)$$

Keterangan :

Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)

C_u =Kohesi *Undrained* (kN/m²)

A_p = Luas Penampang (m^2)

3. Daya dukung selimut pada tanah non kohesif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times L_i \dots \dots \dots (3.4.)$$

Keterangan :

Q_s = Daya dukung selimut untuk tanah non kohesif (ton)

α = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

c_u = Kohesi *Undrained* (kN/m^2)

p = Keliling tiang (m)

L_i = Panjang lapisan tanah (m)

4. Daya dukung ijin

$$Q_{ijin} = (Q_p + Q_s) / SF \dots \dots \dots (3.5.)$$

Keterangan :

Q_{ijin} = Daya dukung ijin

Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)

Q_s = Daya dukung selimut untuk tanah non kohesif (ton)

SF = *Safety factor*

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 :

$$\text{Total Biaya} = \sum \text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}$$

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

$$\text{Manfaat Bersih} = \frac{\sum \text{Manfaat}}{\sum \text{Biaya}} \dots \dots \dots (3.6.)$$

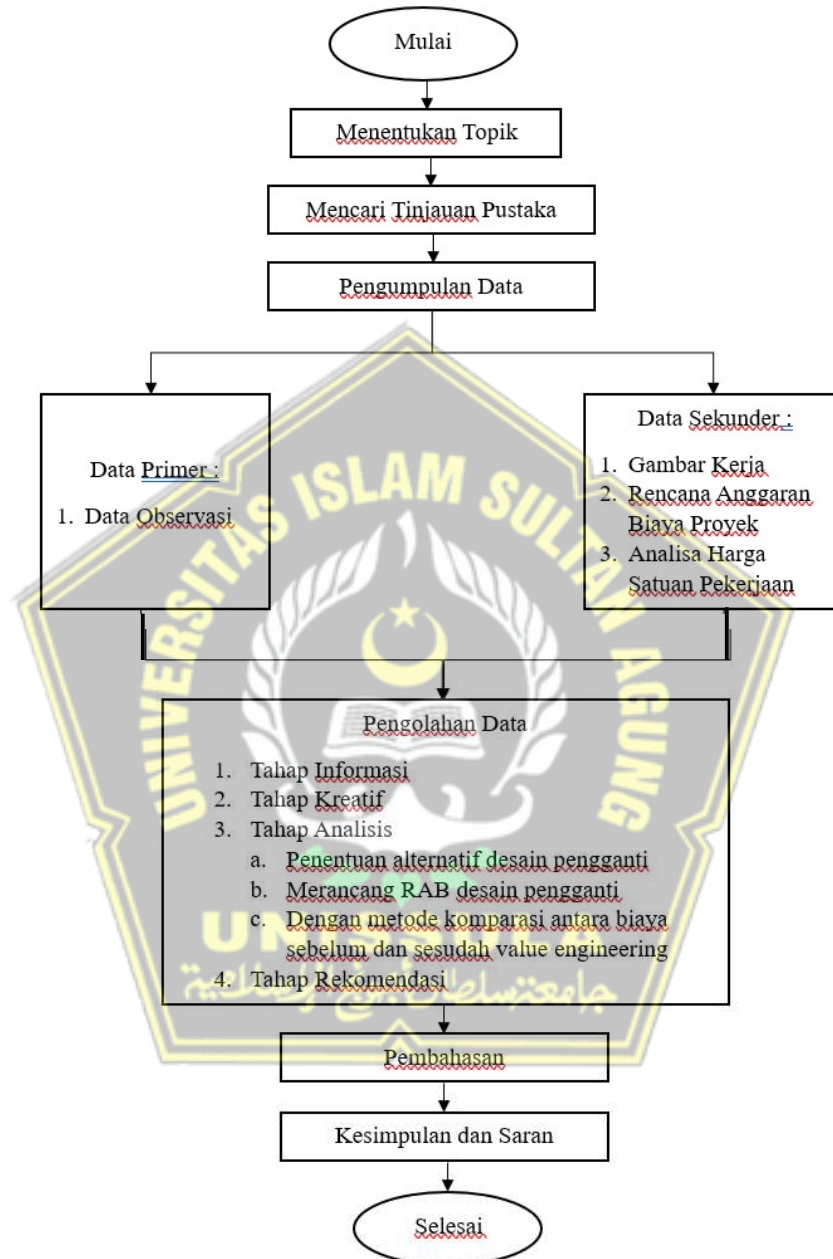
3.1.3.4. Tahap Rekomendasi

Tahap rekomendasi adalah tahap terakhir dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu dengan perkomendasian alternatif ide yang telah dipilih. Dengan memilih desain yang lebih rendah rencana anggaran biayanya, sehingga dapat terjadi penghematan dalam proyek tersebut.



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.



3.3. Jadwal Pelaksanaan

Berikut jadwal pelaksanaan pembuatan tugas akhir ini dalam bentuk barchart

Tabel 3.1 Barchart Jadwal Tugas Akhir

KEGIATAN	MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI
Penentuan Topik					
Pengumpulan Data					
BAB I					
BAB II					
BAB III					
BAB IV					
BAB V					

3.4. Rencana Anggaran Biaya

Berikut merupakan rencana anggaran biaya untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini

Tabel 3.2 Rencana Anggaran Biaya Tugas Akhir

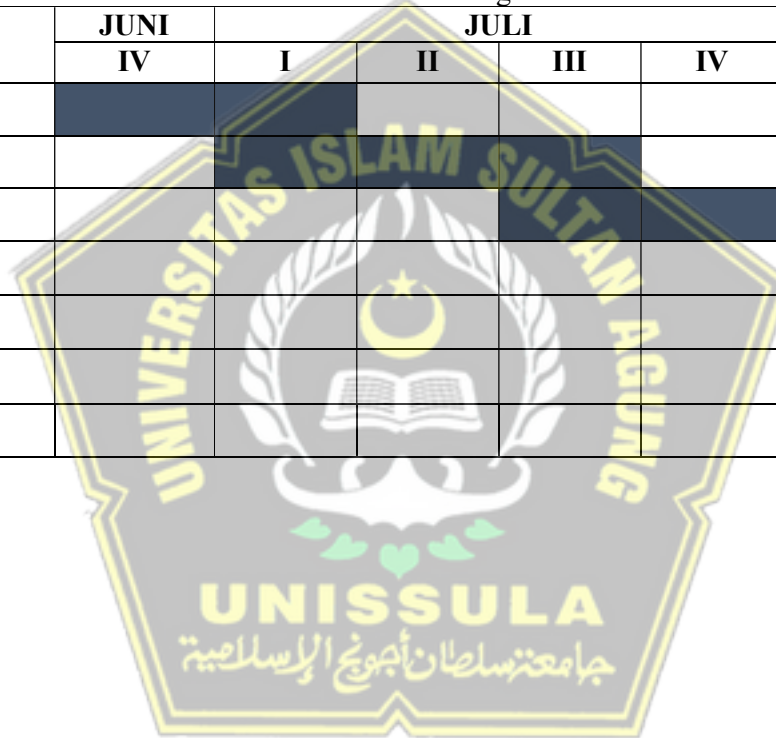
No	Kuantitas	Kuantias	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	ATK				
	Klip besar	6	bh	Rp 15.000	Rp 90.000
	Klip kecil	3	bh	Rp 10.000	Rp 30.000
	Klip kertas	1	bh	Rp 5.000	Rp 5.000
	Pensil	2	bh	Rp 3.000	Rp 6.000
	Bolpoin	3	bh	Rp 3.500	Rp 10.500
	Map	10	bh	Rp 1.500	Rp 15.000
	Buku kecil	1	bh	Rp 6.000	Rp 6.000
	Stabilo	2	bh	Rp 3.000	Rp 6.000
	Penghapus	1	bh	Rp 3.000	Rp 3.000
	Tipe x	1	bh	Rp 3.500	Rp 3.500
2	Survey Objek	2	org	Rp 100.000	Rp 200.000
3	Cetak Laporan				
	Sewa printer	1	bh	Rp 300.000	Rp 300.000
	Tinta printer	4	bh	Rp 80.000	Rp 320.000
	Kertas	1	bh	Rp 200.000	Rp 200.000
	Plotter	50	hal	Rp 2.000	Rp 100.000
4	Transportasi	1	Ls	Rp 400.000	Rp 400.000
5	Komunikasi dan Diskusi	1	Ls	Rp 200.000	Rp 200.000
Total					Rp 1.895.000

Rencana Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir

Berikut rencana jadwal pelaksanaan pembuatan tugas akhir ini dalam bentuk barchart

Tabel Barchart Jadwal Tugas Akhir

KEGIATAN	JUNI	JULI				AGUSTUS		
	IV	I	II	III	IV	I	II	III
Revisi Sempro								
BAB IV								
BAB V								
Semhas								
Revisi Semhas								
Disposisi Pendadaran								
Pendadaran								



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Proyek

Jembatan Progo Kranggan merupakan jembatan rangka baja yang berlokasi di daerah Temanggung, yang menghubungkan ruas jalan Secang – Temanggung. Adapun data umum dari Jembatan Progo Kranggan adalah sebagai berikut:

Nama Proyek : Penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs
Ruas Jalan (Lokasi) : Secang – Temanggung / KM MGL 18+110
Nilai Proyek : Rp 19.855.009.874,00
Bentang Jembatan : 60 meter
Lebar Jembatan : 9 meter (Lalu Lintas 7 meter)
Jenis Pondasi : Bore Pile diameter 100 cm
Pemilik (*Owner*) : Satker Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah II Provinsi Jawa Tengah
Penyedia Jasa : PT. Bangun Makmur Utama, PT. Bahana Makmur Utama, KSO
Konsultan Supervisi : PT. Adhiyasa Desicom (KSO), PT. Anugrah Kridapradana PT. Prima Cipta Karsa Sabbapathaman



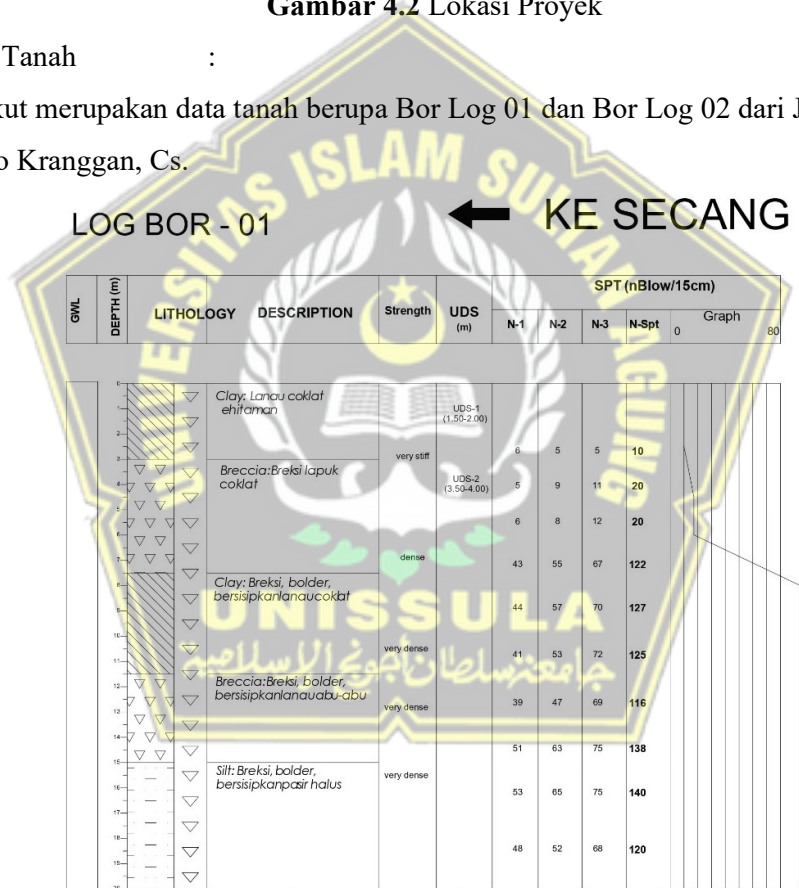
Gambar 4.1 Jembatan Progo Kranggan



Gambar 4.2 Lokasi Proyek

Data Tanah :

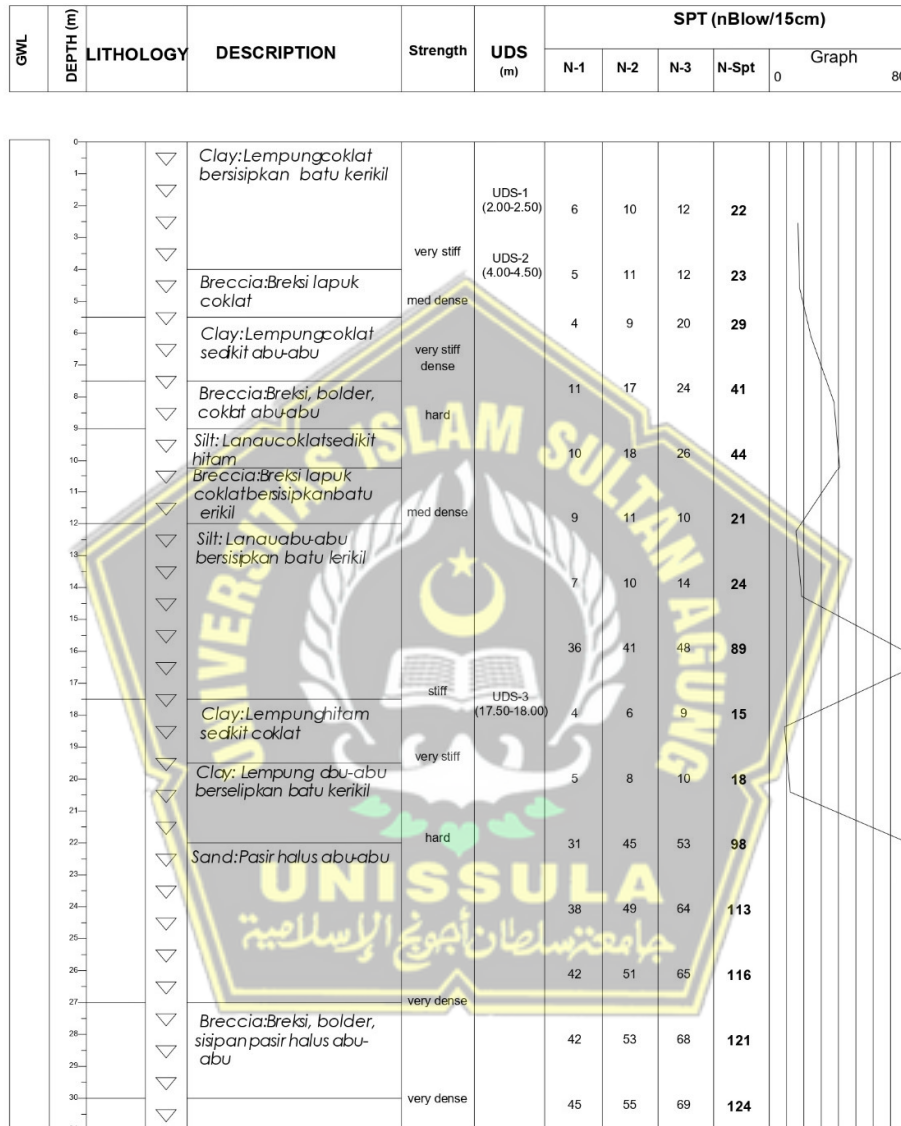
Berikut merupakan data tanah berupa Bor Log 01 dan Bor Log 02 dari Jembatan Progo Kranggan, Cs.



Gambar 4.3. Bor Log – 01

KE TEMANGGUNG

LOG BOR - 02



Gambar 4.4. Bor Log – 02

Data Biaya Proyek :

Adapun data biaya proyek dapat terangkum dalam rencana anggaran biaya proyek Penggantian Jembatan Progo Kranggan, cs berikut

Tabel 4.1. Rekapitulasi Anggaran Biaya Proyek Penggantian Jembatan Progo
Kranggan, cs

NO. DIVISI	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga Pekerjaan
1	2	3
1	U M U M	472.280.800,00
2	D R A I N A S E	2.673.742.500,00
3	PEKERJAAN TANAH	424.286.829,31
4	PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN	-
5	PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN	462.227.136,00
6	PERKERASAN ASPAL	4.905.795.564,00
7	S T R U K T U R	8.251.694.854,23
8	PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR	859.981.293,00
9	PEKERJAAN HARIAN	-
10	PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN	-
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan	18.050.008.976,55
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	1.805.000.897,65
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	19.855.009.874,20
(D)	DIBULATKAN	19.855.009.874
Terbilang : SEMBILAN BELAS MILYAR DELAPAN RATUS LIMA PULUH LIMA JUTA SEMBILAN RIBU DELAPAN RATUS TUJUH PULUH EMPAT RUPIAH		

Data Pembebanan *Abutment* : terlampir pada lampiran 4.1.

Data *Time Schedule* : terlampir pada lampiran 4.2.

4.2. Analisis *Value engineering*

Berikut merupakan inti dari pembahasan pada penelitian ini yang terdiri dari 4 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*. 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 Progo – Kranggan yang kemudian dilanjutkan dengan menggunakan analisis pareto, yang dapat dijelaskan dalam tabel berikut :

Tabel 4.2. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

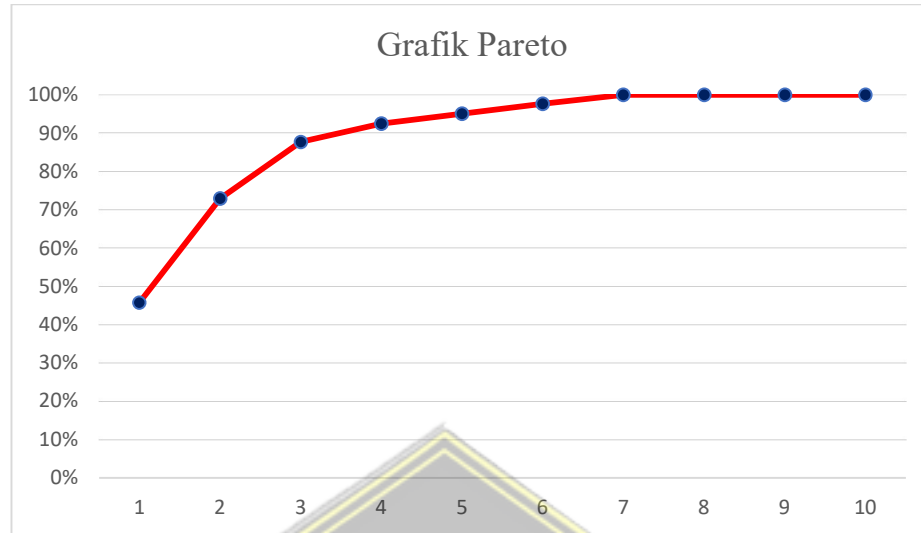
NO. DIVISI	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga Pekerjaan
1	2	3
1	U M U M	472.280.800,00
2	D R A I N A S E	2.673.742.500,00
3	PEKERJAAN TANAH	424.286.829,31
4	PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN	-
5	PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN	462.227.136,00
6	PERKERASAN ASPAL	4.905.795.564,00
7	S T R U K T U R	8.251.694.854,23
8	PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR	859.981.293,00
9	PEKERJAAN HARIAN	-
10	PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN	-
(A)	Jumlah Harga Pekerjaan	18.050.008.976,55
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)	1.805.000.897,65
(C)	JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (A) + (B)	19.855.009.874,20
(D)	DIBULATKAN	19.855.009.874
Terbilang : SEMBILAN BELAS MILYAR DELAPAN RATUS LIMA PULUH LIMA JUTA SEMBILAN RIBU DELAPAN RATUS TUJUH PULUH EMPAT RUPIAH		

Dari hasil rekapitulasi biaya proyek di atas kemudian dilakukan analisis menggunakan metode *breakdown cost model* dan grafik pareto sebagai berikut.

Tabel 4.3. Breakdown Cost Model Rencana Anggaran Biaya

NO. DIVISI	U R A I A N	Jumlah Harga Pekerjaan	%	Kumulatif	%
1	S T R U K T U R	Rp 8.251.694.854,23	46%	Rp 8.251.694.854,23	46%
2	PERKERASAN ASPAL	Rp 4.905.795.564,00	27%	Rp 13.157.490.418,23	73%
3	D R A I N A S E	Rp 2.673.742.500,00	15%	Rp 15.831.232.918,23	88%
4	PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR	Rp 859.981.293,00	5%	Rp 16.691.214.211,23	92%
5	U M U M	Rp 472.280.800,00	3%	Rp 17.163.495.011,23	95%
6	PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN	Rp 462.227.136,00	3%	Rp 17.625.722.147,23	98%
7	PEKERJAAN TANAH	Rp 424.286.829,31	2%	Rp 18.050.008.976,55	100%
8	PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN	Rp -	0%	Rp 18.050.008.976,55	100%
9	PEKERJAAN HARIAN	Rp -	0%	Rp 18.050.008.976,55	100%
10	PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN	Rp -	0%	Rp 18.050.008.976,55	100%
	Jumlah Harga Pekerjaan	Rp 18.050.008.976,55	100%		

Tabel 4.4. Grafik Pareto Rencana Anggaran Biaya



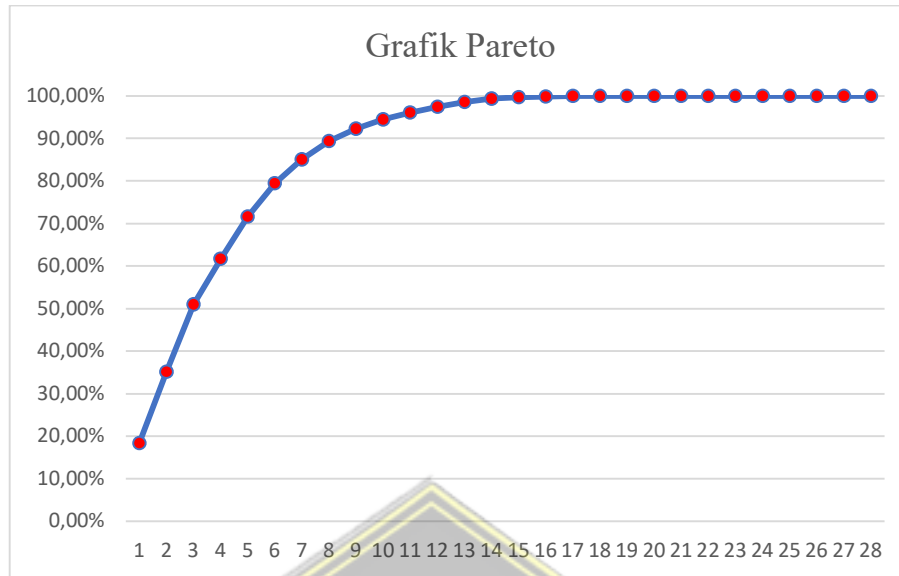
Dari hasil olahan Grafik Pareto, keseluruhan biaya proyek dapat dilihat bahwa pada tahap I pelaksanaan proyek ini pekerjaan yang berbobot besar adalah pekerjaan struktur jembatan. Dari pekerjaan struktur akan dianalisa kembali menggunakan metode yang sama yaitu *breakdown cost model*. Berikut hasil *breakdown cost model* dan selanjutnya dianalisa menggunakan distribusi hukum Pareto pada pekerjaan struktur.

Tabel 4.5. Breakdown Cost Model Pekerjaan Struktur

No		Jumlah Harga	%	Kumulatif	%
	DIVISI 7. STRUKTUR				
1	Baja Tulangan U 39 Ulir	Rp 728.872.538,32	18,37%	Rp 728.872.538,32	18,37%
2	Penulangan Bored Pile	Rp 664.135.665,39	16,74%	Rp 1.393.008.203,71	35,11%
3	Beton mutu sedang fc'30 MPa untuk Abt, Wing wall dll	Rp 629.110.848,12	15,86%	Rp 2.022.119.051,83	50,97%
4	Pemasangan jembatan rangka baja standar panjang 60 m, lebar 9 m	Rp 427.116.261,00	10,77%	Rp 2.449.235.312,83	61,74%
5	Pengangkutan Bahan Jembatan	Rp 392.710.000,00	9,90%	Rp 2.841.945.312,83	71,64%

6	Pasangan Batu	Rp 309.044.709,60	7,79%	Rp 3.150.990.022,43	79,43%
7	Pengecoran Bored Pile	Rp 223.733.758,49	5,64%	Rp 3.374.723.780,91	85,07%
8	Beton mutu sedang fc'30 MPa lantai jembatan	Rp 171.611.255,32	4,33%	Rp 3.546.335.036,23	89,40%
9	Pembongkaran Rangka Baja	Rp 112.879.800,00	2,85%	Rp 3.659.214.836,23	92,24%
10	Sandaran (<i>Railing</i>)	Rp 88.385.760,00	2,23%	Rp 3.747.600.596,23	94,47%
11	Beton Siklop fc'=15 Mpa	Rp 62.665.526,16	1,58%	Rp 3.810.266.122,39	96,05%
12	Pengeboran Bored Pile	Rp 53.738.720,00	1,35%	Rp 3.864.004.842,39	97,40%
13	Baja Tulangan U-24 Polos	Rp 45.919.583,04	1,16%	Rp 3.909.924.425,43	98,56%
14	Beton mutu rendah fc'=15 Mpa	Rp 30.977.430,00	0,78%	Rp 3.940.901.855,43	99,34%
15	Pembongkaran Beton	Rp 14.045.898,28	0,35%	Rp 3.954.947.753,71	99,70%
16	Pembongkaran Pasangan Batu	Rp 5.144.939,80	0,13%	Rp 3.960.092.693,51	99,83%
17	Pipa Drainase PVC diameter 5"	Rp 4.800.000,00	0,12%	Rp 3.964.892.693,51	99,95%
18	Beton mutu rendah fc'=10 Mpa	Rp 1.068.373,92	0,03%	Rp 3.965.961.067,43	99,97%
19	Papan Nama Jembatan	Rp 1.068.102,00	0,03%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
20	Beton mutu sedang fc'30 MPa lantai jembatan	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
21	Beton mutu sedang fc'=20 Mpa	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
22	Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe 1 Bentang 40,60 meter	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
23	Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe 1 Bentang 40,60 meter	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
24	Beton Diafragma (fc' 30 MPa) termasuk pekerjaan penegangan setelah pengecoran (post-tension)	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
25	Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug, Moveable	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
26	Perletakan Elastomer Sintetis 380 x 600 x 70 mm	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
27	Pembongkaran Lantai Jembatan Kayu	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
28	Pipa Drainase Baja diameter 75 mm	Rp -	0,00%	Rp 3.967.029.169,43	100,00%
Jumlah Total		Rp 3.967.029.169,43	100%		

Tabel 4.6. Grafik Pareto Rencana Anggaran Biaya



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

- a) Pekerjaan Baja Tulangan BJ 39 Ulir
- b) Penulangan Bored Pile
- c) Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- d) Pemasangan jembatan rangka baja standar panjang 60 m, lebar 9 m
- e) Pengangkutan Bahan Jembatan
- f) Pasangan batu
- g) Pengecoran bored pile

Dengan mempertimbangkan dari hasil analisis *breakdown* dan grafik pareto, maka pengaplikasian *value engineering* pada penelitian ini akan difokuskan pada pekerjaan pondasi *abutment*. Pada pekerjaan pondasi *abutment bored pile* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Jenis Pondasi : Bored Pile
- Diameter : 100 cm / 1 m
- Panjang Tiang : 12 m
- Jumlah Tiang : 8

b. Analisis fungsi

Pada penelitian *value engineering* kali ini, peneliti akan berfokus pada struktur bawah jembatan, khususnya pondasi jembatan. 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. Adapun macam-macam pondasi adalah sebagai berikut.

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki kedalaman kurang dari sama 3 meter, yang terbagi menjadi empat macam yaitu

- a) Pondasi Telapak (*Pad Foundation*)
- b) Pondasi Memanjang dan Menerus (*Continous Footing*)
- c) Pondasi Rakit (*Raft Foundation*)
- d) Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan pondasi yang kedalaman relatif besar karena kedalaman tanah keras yang jauh dari permukaan tanah. Pondasi dalam terbagi menjadi dua macam yaitu

- a) Pondasi *Bored Pile*

Pondasi Bored Pile merupakan pondasi dalam yang metode pekerjaannya dilakukan dengan cara mengebor atau melubangi tanah sampai kedalaman rencana.

- b) Pondasi Tiang Pancang

Pondasi Tiang Pancang adalah pondasi dalam yang pemasangannya dilakukan dengan memukul tiang pondasi dengan alat yang disebut alat pancang hammer.

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 Abutment

No	Pekerjaan	Kata Benda	Kata Kerja	Fungsi	Indeks Nilai Primer	Indeks Nilai Tukar (Jumlah Total)
1	Pengeboran Bored Pile	Pengeboran	Melubangi Tanah	Primer	53.738.720,00	3.967.029.169,43
2	Penulangan Bored Pile	Penulangan	Merangkai	Primer	664.135.665,39	
3	Pengecoran Bored Pile	Pengecoran	Menuang Agregat	Primer	223.733.758,49	
Jumlah (Rp)					941.608.143,87	3.967.029.169,43
Indeks Nilai Tukar / Nilai Primer					4,213	

Pada item pondasi *bored pile* diperoleh indeks nilai 4,2 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 abutment layak untuk dilakukan *value engineering* maka tahap berikutnya adalah tahap kreatif dimana akan dilakukannya alternatif-alternatif pengganti desain awal. Beberapa alternatif pekerjaan pondasi abutment :

a. Alternatif I —► Pondasi bored pile diameter 0,8 m

Alasan dipilihnya alternatif bored pile diameter 0,8 m adalah karena merupakan diameter paling efektif 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 80 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 persegi pracetak ukuran 0,5m x 0,5m

Alternatif III menggunakan tiang pancang persegi ukuran 0,5 m x 0,5 m karena harus mengikuti produksi yang ada di lapangan seperti halnya alternatif II yang dapat dilihat pada 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) Biaya;
- 5) Komparasi biaya; dan

a. Analisa kapasitas daya dukung pondasi tiang

1. Perencanaan tiang bored pile diameter 0,8 m

Dasar data dari produk/lampiran berdasarkan data tanah dilapangan.

Direncanakan tiang dengan:

Diameter : 0,8 meter

Luas Penampang (A_p) : 0,503 m²

Keliling tiang (p) : 2,513 m

C_u : N-SPT x $\frac{2}{3}$ x 10 (kN/m²)

: 3 x $\frac{2}{3}$ x 10 = 20 kN/m² = 2,0 t/m²

SF : 2

Q_p : 9 x C_u x A_p

: 9 x 2,0 x 0,503 = 9,048 kN

Q_s : α x C_u x p x L_i

: 1 x 2,0 x 2,513 x 1 = 5,027 kN

$$\begin{aligned} \text{Qult} &: Q_p + Q_{scumm} = 9,048 + 8,378 = 17,425 \text{ kN} \\ \text{Qijin} &: (Q_p + Q_s) / SF \\ &: (9,048 + 3,840) / 2 = 8,713 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.8. Perhitungan daya dukung tiang bored pile d = 0,8 m pada titik BH-1

Depth	Jenis Tanah	Data Tanah				Qs		Qp	Qult	Qijin
		Li	N_SPT	cu	α	Local	Cumm			
0	Lempung	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	Lempung	1	2,000	1,333	1,000	3,351	3,351	6,032	9,383	4,691
2	Lempung	1	3,000	2,000	1,000	5,027	8,378	9,048	17,425	8,713
3	Lempung	1	5,000	3,333	1,000	8,378	16,755	15,080	31,835	15,917
4	Breksi Lapuk	1	8,000	5,333	1,000	13,404	30,159	24,127	54,287	27,143
5	Breksi Lapuk	1	10,000	6,667	1,000	16,755	46,914	30,159	77,074	38,537
6	Breksi Lapuk	1	10,000	6,667	1,000	16,755	63,670	30,159	93,829	46,914
7	Lempung Berkerikil	1	61,000	40,667	1,000	102,206	165,876	183,972	349,848	174,924
8	Lempung Berkerikil	1	62,500	41,667	1,000	104,720	270,596	188,496	459,091	229,546
9	Lempung Berkerikil	1	63,500	42,333	1,000	106,395	376,991	191,511	568,503	284,251
10	Lempung Berkerikil	1	62,500	41,667	1,000	104,720	481,711	188,496	670,206	335,103
11	Lempung Berkerikil	1	61,000	40,667	1,000	102,206	583,917	183,972	767,889	383,945
12	Batuan Breksi	1	60,000	40,000	1,000	100,531	684,448	180,956	865,404	432,702
13	Batuan Breksi	1	58,000	38,667	1,000	97,180	781,628	174,924	956,552	478,276
14	Batuan Breksi	1	65,000	43,333	1,000	108,909	890,537	196,035	1086,572	543,286
15	Batuan Breksi	1	69,000	46,000	1,000	115,611	1006,147	208,099	1214,247	607,123
16	Batuan Breksi	1	70,000	46,667	1,000	117,286	1123,434	211,115	1334,549	667,274
17	Batuan Breksi	1	66,000	44,000	1,000	110,584	1234,018	199,051	1433,069	716,534
18	Batuan Breksi	1	64,000	42,667	1,000	107,233	1341,251	193,019	1534,270	767,135
19	Batuan Breksi	1	60,000	40,000	1,000	100,531	1441,782	180,956	1622,737	811,369
20	Batuan Breksi	1	60,000	40,000	1,000	100,531	1542,313	180,956	1723,268	861,634

Tabel 4.9. Perhitungan daya dukung tiang bored pile d = 0,8 m pada titik BH-2

Depth	Jenis Tanah	Data Tanah				Qs		Qp	Qult	Qijin
		Li	N_SPT	cu	α	Local	Cumm			
0	Lempung	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	Lempung	1	6,000	4,000	1,000	10,053	10,053	18,096	28,149	14,074

2	Lempung	1	11,000	7,333	1,000	18,431	28,484	33,175	61,659	30,829
3	Lempung	1	11,000	7,333	1,000	18,431	46,914	33,175	80,090	40,045
4	Lempung	1	11,500	7,667	1,000	19,268	66,183	34,683	100,866	50,433
5	Lempung	1	13,000	8,667	1,000	21,782	87,965	39,207	127,172	63,586
6	Lempung	1	14,500	9,667	1,000	24,295	112,260	43,731	155,991	77,995
7	Lempung	1	17,000	11,333	1,000	28,484	140,743	51,271	192,014	96,007
8	Lempung	1	20,500	13,667	1,000	34,348	175,091	61,827	236,918	118,459
9	Lempung	1	21,000	14,000	1,000	35,186	210,277	63,335	273,612	136,806
10	Lempung	1	22,000	14,667	1,000	36,861	247,139	66,350	313,489	156,745
11	Batuan Breksi	1	30,000	20,000	1,000	50,265	297,404	90,478	387,882	193,941
12	Batuan Breksi	1	35,000	23,333	1,000	58,643	356,047	105,558	461,605	230,802
13	Batuan Breksi	1	49,000	32,667	1,000	82,100	438,147	147,781	585,928	292,964
14	Batuan Breksi	1	53,000	35,333	1,000	88,802	526,950	159,844	686,794	343,397
15	Batuan Breksi	1	56,500	37,667	1,000	94,667	621,616	170,400	792,016	396,008
16	Batuan Breksi	1	57,000	38,000	1,000	95,504	717,121	171,908	889,029	444,514
17	Batuan Breksi	1	58,000	38,667	1,000	97,180	814,301	174,924	989,225	494,612
18	Batuan Breksi	1	59,000	39,333	1,000	98,855	913,156	177,940	1091,096	545,548
19	Batuan Breksi	1	60,500	40,333	1,000	101,369	1014,525	182,464	1196,989	598,494
20	Batuan Breksi	1	62,000	41,333	1,000	103,882	1118,407	186,988	1305,395	652,697

Dari hasil perhitungan daya dukung tiang pada kedalaman 14 meter di titik BH-1 dan BH-2 maka untuk menentukan jumlah tiang dipilih dari nilai Qijin terkecil. Nilai Qijin terkecil didapat pada titik BH-2 dengan 343,397.

Diketahui beban pada jembatan (Pu) sebesar 3343,17 kN. Nilai Pu didapat dari hasil output data perencanaan pondasi proyek Jembatan Progo – Kranggan yang dapat dilihat pada lampiran. Dan untuk menentukan jumlah kelompok tiang dan kontrol kelompok tiang terhadap beban dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

a) Menentukan jumlah tiang

$$n = \frac{Pu}{Q_{ijin}} = \frac{3343,17}{343,397} = 9,736$$

Jumlah tiang rencana = 10 tiang

b) Efisiensi kelompok

$$E_g = \frac{Pu}{n \times Q_{ijin}} = \frac{3343,17}{9,736 \times 343,397} = 1$$

c) Kontrol kelompok tiang

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah tiang rencana} \times E_g \times Q_{ijin} > P_u \\ &= 10 \times 1 \times 343,397 > 3343,17 \\ &= 3433,97 > 3343,17 \quad (\text{Dijijinkan}) \end{aligned}$$

d) Penulangan untuk 1 meter tiang bored pile diameter 0,6 m

1) Menghitung luas tulangan yang diperlukan tiang bored pile

$$\begin{aligned} \text{Diameter tiang (D)} &= 800 \text{ mm} \\ \text{Luas Penampang (A}_g\text{)} &= 502655 \text{ mm}^2 \\ P_{min} &= 0,01 \\ P_{maks} &= 0,07 \end{aligned}$$

Nilai P_{min} dan P_{maks} pada SNI-2847-2002 pasal 12,19.

Nilai P yang digunakan adalah nilai P terkecil.

2) Rencana tulangan pokok

$$\begin{aligned} \text{Diameter tulangan} &= 22 \text{ mm} \\ \text{Jumlah tulangan} &= 17 \\ A_s &= \rho \times A_g \\ &= 0,01 \times 502655 \\ &= 5026,55 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ pakai} &= 6462,26 \text{ mm}^2 \quad (17\text{-D}22) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol tulangan } A_s \text{ pakai} &> A_g \\ 6462,26 &> 5026,55 \quad (\text{Dijijinkan}) \end{aligned}$$

3) Tulangan begel (spiral)

$$\begin{aligned} \text{Diameter tulangan} &= 13 \text{ mm} \\ \text{Jarak} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Panjang tulangan} &= 16755 \text{ mm (16,755 m)} \end{aligned}$$

4) Berat tulangan

- Berat tulangan pokok (17-D22)
 $= \text{jumlah tulangan} \times \text{luas tulangan} \times \text{Panjang} \times 7850$
 $= 17 \times 0,25 \times \pi \times 0,022^2 \times 1 \times 7850$
 $= 50,729 \text{ kg}$
- Berat tulangan begel (D13 – 150)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Panjang begel} \times \text{luas tulangan} \times 7850 \\
 &= 16,755 \times 0,25 \times \pi \times 0,013^2 \times 7850 \\
 &= 17,458 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Berat total pembesian untuk 1 meter tiang bored pile Ø 80 cm
 - = berat tulangan pokok + berat tulangan begel
 - = 50,729 + 17,458
 - = 68,187 kg

2. Perencanaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m

- a) Kapasitas dukung tiang pancang bulat diameter 0,6 m

Direncanakan dengan:

Diameter = 0,6 m

Luas penampang (A_p) = 0,283 m²

Kedalaman tiang = 14 m

N_{SPT} = 53

N_b = $N_1/N_2 = 54$

SF = 2

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= 40 \times N_b \times A_p < 380 \times N_b \times A_p \\
 &= 40 \times 54 \times 0,283 < 380 \times 54 \times 0,283 \\
 &= 774,717 \text{ kN} < 7359,809 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(Dijinkan)

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\
 &= \frac{774,717}{2} \\
 &= 387,358 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10. Perhitungan daya dukung tiang pancang bulat ukuran 0,6 m

Depth	Jenis Tanah	Data Tanah		N1	N2	Nb	Qult	Qijin
		Li	N_SPT					
0	Lempung	0	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000
1	Lempung	1	6,000	6,000	5,0	5,5	62,204	31,102
2	Lempung	1	11,000	11,000	12,0	11,5	130,062	65,031
3	Lempung	1	11,000	11,000	12,0	11,5	130,062	65,031
4	Breksi Lapuk	1	11,500	11,500	12,3	11,9	134,586	67,293

5	Breksi Lapuk	1	13,000	13,000	15,0	14	158,336	79,168
6	Breksi Lapuk	1	14,500	14,500	15,0	14,75	166,819	83,409
7	Lempung Berkerikil	1	17,000	17,000	18,5	17,75	200,748	100,374
8	Lempung Berkerikil	1	20,500	20,500	21,0	20,75	234,677	117,338
9	Lempung Berkerikil	1	21,000	21,000	23,0	22	248,814	124,407
10	Lempung Berkerikil	1	22,000	22,000	23,0	22,5	254,469	127,235
11	Lempung Berkerikil	1	30,000	30,000	33,0	31,5	356,257	178,128
12	Batuan Breksi	1	35,000	35,000	37,0	36	407,150	203,575
13	Batuan Breksi	1	49,000	49,000	52,0	50,5	571,142	285,571
14	Batuan Breksi	1	53,000	53,000	55,0	54	610,726	305,363
15	Batuan Breksi	1	56,500	56,500	58,0	57,25	647,482	323,741
16	Batuan Breksi	1	57,000	57,000	59,0	58	655,965	327,982
17	Batuan Breksi	1	58,000	58,000	63,0	60,5	684,239	342,119
18	Batuan Breksi	1	59,000	59,000	64,0	61,5	695,549	347,774
19	Batuan Breksi	1	60,500	60,500	65,0	62,75	709,686	354,843
20	Batuan Breksi	1	62,000	62,000	65,0	63,5	718,168	359,084

Pada tabel 4.10. perhitungan daya dukung tiang pancang bulat ukuran 0,6 m ditemukan bahwa pada kedalaman tanah 14 meter memiliki Qijin sebesar 305,363 kN.

b) Menentukan jumlah tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{3343,17}{305,363} = 10,948$$

Jumlah tiang rencana = 12 tiang

c) Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = \frac{P_u}{n \times Q_{all}} = \frac{3343,17}{10,948 \times 305,363} = 1$$

d) Kontrol kelompok tiang

$$\begin{aligned}
 &= \text{jumlah tiang rencana} \times E_g \times Q_{ijin} > P_u \\
 &= 12 \times 1 \times 305,363 > 3343,17 \\
 &= 3664,354 > 3343,17 \quad (\text{Dijinkan})
 \end{aligned}$$

3. Perencanaan pondasi tiang pancang persegi ukuran 0,5 x 0,5 m

a) Kapasitas dukung tiang pancang persegi ukuran 0,5 x 0,5 m

$$\text{Diameter} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang (A}_p) = 0,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Kedalaman tiang} = 14 \text{ m}$$

$$N_{\text{SPT}} = 53$$

$$N_b = N_1/N_2 = 54$$

$$SF = 2$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= 40 \times N_b \times A_p < 380 \times N_b \times A_p \\
 &= 40 \times 54 \times 0,25 < 380 \times 54 \times 0,25 \\
 &= 540 \text{ kN} < 5130 \text{ kN} \quad (\text{Dijinkan})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\
 &= \frac{540}{2} \\
 &= 270 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11. Perhitungan daya dukung tiang pancang persegi ukuran 0,5 x 0,5 m

Depth	Jenis Tanah	Data Tanah		N1	N2	Nb	Qult	Qijin
		Li	N SPT					
0	Lempung	0	0,000	0,000	0,00	0	0,000	0,000
1	Lempung	1	6,000	6,000	5,0	5,5	55,000	27,500
2	Lempung	1	11,000	11,000	12,0	11,5	115,000	57,500
3	Lempung	1	11,000	11,000	12,0	11,5	115,000	57,500
4	Breksi Lapuk	1	11,500	11,500	12,3	11,9	119,000	59,500
5	Breksi Lapuk	1	13,000	13,000	15,0	14	140,000	70,000
6	Breksi Lapuk	1	14,500	14,500	15,0	14,75	147,500	73,750
7	Lempung Berkerikil	1	17,000	17,000	18,5	17,75	177,500	88,750
8	Lempung Berkerikil	1	20,500	20,500	21,0	20,75	207,500	103,750
9	Lempung Berkerikil	1	21,000	21,000	23,0	22	220,000	110,000

10	Lempung Berkerikil	1	22,000	22,000	23,0	22,5	225,000	112,500
11	Lempung Berkerikil	1	30,000	30,000	33,0	31,5	315,000	157,500
12	Batuan Breksi	1	35,000	35,000	37,0	36	360,000	180,000
13	Batuan Breksi	1	49,000	49,000	52,0	50,5	505,000	252,500
14	Batuan Breksi	1	53,000	53,000	55,0	54	540,000	270,000
15	Batuan Breksi	1	56,500	56,500	58,0	57,25	572,500	286,250
16	Batuan Breksi	1	57,000	57,000	59,0	58	580,000	290,000
17	Batuan Breksi	1	58,000	58,000	63,0	60,5	605,000	302,500
18	Batuan Breksi	1	59,000	59,000	64,0	61,5	615,000	307,500
19	Batuan Breksi	1	60,500	60,500	65,0	62,75	627,500	313,750
20	Batuan Breksi	1	62,000	62,000	65,0	63,5	635,000	317,500

Pada tabel 4.10. perhitungan daya dukung tiang pancang persegi ukuran 0,5x 0,5 m ditemukan bahwa pada kedalaman tanah 14 meter memiliki Qijin sebesar 270 kN.

b) Menentukan jumlah tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{3343,17}{270} = 12,382$$

Jumlah tiang rencana = 14 tiang

c) Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = \frac{P_u}{n \times Q_{all}} = \frac{3343,17}{12,382 \times 270} = 1$$

d) Kontrol kelompok tiang

$$= \text{jumlah tiang rencana} \times E_g \times Q_{ijin} > P_u$$

$$= 14 \times 1 \times 270 > 3343,17$$

$$= 3780 > 3343,17 \quad (\text{Dijinkan})$$

Tabel 4.12. Rekapitulasi kapasitas daya dukung pondasi pada kedalaman 14 m

No	Jenis Tiang	Diameter (m)	Jumlah Tiang	Daya Dukung Ijin Satu Tiang (kN)	Daya Dukung Kelompok (kN)
1	Pondasi Eksisting	1	8	418,94	3351,52
1	Alternatif I	0,8	10	343,397	3433,97
2	Alternatif II	0,6	12	305,363	3664,353
3	Alternatif III	0,5 x 0,5	14	270,000	3780

Pada tabel 4.12 rekapitulasi kapasitas daya dukung pondasi pada kedalaman 14 m ditemukan bahwa daya dukung alternatif memiliki hasil yang lebih besar daripada pondasi eksisting sehingga alternatif I, II, maupun III memenuhi konsep *value engineering*.

b. Metode pelaksanaan

Berdasarkan metode pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang dan bored pile terdapat perbedaan, diantaranya dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13. 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	-	✓
15	Quality control	✓	✓

Pada tabel 4.13. diketahui bahwa perbedaan metode pelaksanaan pondasi bored pile dan tiang pancang memiliki perbedaan pada pekerjaan penyambungan tiang, penyambungan tulangan tiang, pengamatan sudut kemiringan tiang, proses pemancangan, pengeboran, dan pengecoran tiang.

c. Perhitungan Volume

Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi dirangkum dalam tabel sebagai berikut.

1. Pondasi bored pile 0,8 m

Tabel 4.14. Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Bored Pile 0,8 m

No	Uraian	Phitungan	Volume	Satuan
1	Pengeboran Bored Pile	= $10 \times 2 \times 14$	280	m'
2	Penulangan Bored Pile	= $68,186 \times 14 \times 10 \times 2$	19092	kg
3	Pengecoran Bored Pile	= $0,502 \times 14 \times 10 \times 2$	140,74	m ³

Pada perhitungan volume pekerjaan pondasi bored pile diameter 0,8 m yang dilakukan pada tabel 4.14. ditemukan bahwa volume pengeboran sebesar 280 m', penulangan bored pile yang dibutuhkan sebanyak 19092 kg, dan untuk pekerjaan pengecoran sebesar 140,74 m³.

2. Pondasi tiang pancang bulat 0,6 m

Tabel 4.15. Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat 0,6 m

No	Uraian	Pehitungan	Volume	Satuan
1	Pengadaan Tiang Pancang Dia 600 m	= 12 x 2 x 14	336	m'
2	Pemancangan Tiang Pancang	= 12 x 2 x 14	336	m'
3	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	= 12 x 2	24	titik
4	Penyambungan Tiang Pancang	= 12 x 2 x 2	48	titik
5	Kalendering	= 12 x 2	24	titik
6	Pembuatan Top Pile	= 12 x 2	24	titik

Pada perhitungan volume pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m ditemukan bahwa item pekerjaan pengadaan tiang pancang dan pemancangan tiang pancang memiliki volume yang sama yaitu 336 m', lalu untuk pemotongan kepala tiang pancang, kalendering, dan pembuatan top pile volume pekerjaan terhitung sebesar 24 titik, dan pekerjaan penyambungan tiang pancang memiliki volume sebesar 48 titik.

3. Tiang pancang persegi 0,5 x 0,5 m

Tabel 4.16. Perhitungan Volume Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Persegi 0,5 x 0,5 m

No	Uraian	Pehitungan	Volume	Satuan
1	Pengadaan Tiang Pancang Persegi 0,5 x 0,5 m	= 14 x 2 x 14	392	m'
2	Pemancangan Tiang Pancang	= 14 x 2 x 14	392	m'
3	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	= 14 x 2	28	titik
4	Penyambungan Tiang Pancang	= 14 x 2 x 2	56	titik
5	Kalendering	= 14 x 2	28	titik
6	Pembuatan Top Pile	= 14 x 2	28	titik

Pada perhitungan volume pekerjaan pondasi tiang pancang persegi 0,5 x 0,5 m ditemukan bahwa item pekerjaan pengadaan tiang pancang dan pemancangan tiang pancang memiliki volume yang sama yaitu 392 m', lalu untuk pemotongan kepala tiang pancang, kalendering, dan pembuatan top pile volume pekerjaan terhitung sebesar 28 titik, dan pekerjaan penyambungan tiang pancang memiliki volume sebesar 56 titik.

d. Biaya

A. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

1. Analisa harga satuan biaya pondasi bored pile

a) Pengeboran bored pile

Tabel 4.17. Analisa harga satuan pekerjaan pengeboran bored pile (m')

No.	Koef.	Sat.	Uraian	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3.1	1	m'	Pengeboran Bored Pile		
			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		
0,1499 jam	jam	Bore Pile Machine	Rp 740.000,00	Rp 110.926,00	
1	Ls	Alat Bantu	Rp 10.000,00	Rp 10.000,00	
Jumlah Harga Bahan, Tenaga dan Alat					Rp 239.905,00

Berdasarkan tabel 4.17. analisa harga satuan untuk pekerjaan pengeboran bored pile memiliki harga satuan sejumlah Rp 239.905,00 / m'.

b) Penulangan bored pile

Tabel 4.18. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Penulangan Bored Pile (kg)

No.	Koef.	Sat.	Uraian	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.		
3.2	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 7.869,00	Rp 8.655,90
			0,01	kg	Kawat Beton	Rp 8.781,00	Rp 87,81
					Alat		
1	Ls	Alat Bantu	Rp 5.000,00	Rp 5.000,00			
Jumlah Harga Bahan, Tenaga dan Alat					Rp 19.013,71		

Berdasarkan tabel 4.18. analisa harga satuan untuk pekerjaan penulangan bored pile memiliki harga satuan sejumlah Rp 19.013,71 / kg.

c) Pengecoran bored pile

Tabel 4.19. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengecoran Bored Pile (m³)

No.	Koef.	Sat.	Uraian	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.		
3.3	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 K-500	Rp 1.580.000,00	Rp 1.738.000,00
					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				

Berdasarkan tabel 4.19. analisa harga satuan untuk pekerjaan penulangan bored pile memiliki harga satuan sejumlah Rp 1.931.726,20 / m'.

2. Analisa harga satuan pekerjaan tiang pancang

a) Pengadaan tiang pancang

Tabel 4.20. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang Bulat
Diameter 0,6 m

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
III	PEKERJAAN PONDASI				
3.1	Pengadaan Tiang Pancang Dia 600 m				
	Tenaga				
	Unloading	OH	1,00	Rp 5.000,00	Rp 5.000,00
	Angkutan	OH	1,00	Rp 60.000,00	Rp 60.000,00
					Rp 65.000,00
	Bahan				
	Tiang Pancang dia 600 mm	m'	1,0000	Rp 1.979.105	Rp 1.979.105,44
					Rp 1.979.105,44
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 2.044.105,44

Berdasarkan tabel 4.20. analisa harga satuan untuk pekerjaan pengadaan tiang pancang bulat diameter 0,6 m memiliki harga satuan sejumlah Rp 2.044.105,44 / m'.

Tabel 4.21. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pengadaan Tiang Pancang Persegi
Dimensi 0,5 x 0,5 m (m')

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
III	PEKERJAAN PONDASI				
3.2	Pengadaan Tiang Pancang 500 x 500				
	Tenaga				
	Unloading	OH	1,00	Rp 5.000,00	Rp 5.000,00
	Angkutan	OH	1,00	Rp 60.000,00	Rp 60.000,00
					Rp 65.000,00
	Bahan				
	Tiang Pancang dia 450 mm (bottom)	m'	1,0000	Rp 900.000	Rp 900.000,00
					Rp 900.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 965.000,00

Berdasarkan tabel 4.21. analisa harga satuan untuk pekerjaan pengadaan tiang pancang persegi dimensi 0,5 x 0,5 m memiliki harga satuan sejumlah Rp 965.000 / m'.

b) Pemancangan tiang pancang dengan *hammer diesel*

Tabel 4.22. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang
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 175.000,00	Rp 2.625,00
	Alat				
	Crane	Jam	0,06	Rp 1.406.250,00	Rp 84.375,00
	alat Pancang Hamer	Jam	0,06	Rp 703.125,00	Rp 42.187,50
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 173.987,500

Berdasarkan tabel 4.22. analisa harga satuan pekerjaan pemancangan tiang pancang hammer diesel memiliki harga satuan sejumlah Rp 173.987,50 / m'.

c) Pemancangan Tiang Pancang dengan *Hammer Hydraulic*

Tabel 4.23. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang
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 175.000,00	Rp 2.625,00
	Alat				
	Crane	Jam	0,06	Rp 1.406.250,00	Rp 84.375,00
	alat Pancang Hydraulic	Jam	0,06	Rp 1.150.000,00	Rp 69.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 200.800,000

Berdasarkan tabel 4.23. analisa harga satuan pekerjaan pemancangan tiang pancang hammer hydraulic memiliki harga satuan sejumlah Rp 200.800,00 / m'.

d) Pemotongan Kepala Tiang Pancang

Tabel 4.24. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemotongan Kepala Tiang Pancang
(titik)

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 95.000,00	Rp 23.750,00
	Mandor	OH	0,020	Rp 90.000,00	Rp 1.800,00
					Rp 70.550,00
	Bahan				
	Acetylene	Tbg	0,667	Rp 75.000,00	Rp 50.025,00
	Oksigen	Tbg	0,8	Rp 100.000,00	Rp 80.000,00
					Rp 130.025,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 200.575,00

Berdasarkan tabel 4.24. analisa harga satuan pekerjaan pemotongan kepala tiang pancang memiliki harga satuan sejumlah Rp 200.575 / titik.

e) Kalendering

Tabel 4.25. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kalendering (titik)

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3.6	Kalendering				
	Tenaga				
	Kalendering	titik	1,000	Rp 180.000,00	Rp 180.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 180.000,00

Berdasarkan tabel 4.25. analisa harga satuan pekerjaan kalendering memiliki harga satuan sejumlah Rp 180.000,00 / titik.

f) Pembuatan Top Pile

Tabel 4.26. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan Top Pile

No.	Uraian	Sat.	Koef.	Harga Satuan Bahan / Upah Rp.	Jumlah Rp.
3.8	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	0,891	Rp 620.000,00	Rp 552.420,00
	Alat Bantu	Ls	1,000	Rp 100.000,00	Rp 100.000,00
	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Alat				Rp 2.147.000,25

Berdasarkan tabel 4.26. analisa harga satuan pekerjaan pembuatan top pile memiliki harga satuan sejumlah Rp 2.147.000,25 / titik.

B. Rekapitulasi harga pekerjaan pondasi

1. Pondasi eksisting (pondasi bored pile diameter 1 m)

Tabel 4.27. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Eksisting

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengeboran Bored Pile	m'	224	Rp 239.905,00	Rp 53.738.720,00
2	Penulangan Bored Pile	kg	29669,9	Rp 19.013,71	Rp 564.135.665,39
3	Pengecoran Bored Pile	m ³	167,588	Rp 1.931.726,20	Rp 323.733.758,49
Jumlah Harga					Rp 941.608.143,87

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi eksisting pada tabel 4.27 diambil dari data rencana anggaran biaya proyek asli yaitu sebesar Rp. 941.608.143,87.

2. Pondasi bored pile diameter 0,8 m

Tabel 4.28. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Bored Pile diameter 0,8 m

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengeboran Bored Pile	m'	280	Rp 239.905,00	Rp 67.173.400,00
2	Penulangan Bored Pile	kg	19092,2	Rp 19.013,71	Rp 363.014.237,62
3	Pengecoran Bored Pile	m ³	140,743	Rp 1.931.726,20	Rp 271.877.618,37
Jumlah Harga					Rp 702.065.255,99

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi bored pile diameter 0,8 m pada tabel 4.28 terhitung sebesar Rp. 702.065.255,99.

3. Pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m dengan alat *hammer diesel*

Tabel 4.29. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,6 m dengan Alat *Hammer Diesel*

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Tiang Pancang Dia 600 m	m'	336	Rp 2.044.105,44	Rp 686.819.427,49
2	Pemancangan Tiang Pancang	m'	336	Rp 173.987,50	Rp 58.459.800,00
3	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	titik	24	Rp 200.575,00	Rp 4.813.800,00
4	Penyambungan Tiang Pancang	titik	48	Rp 138.990,00	Rp 6.671.520,00
5	Kalendering	titik	24	Rp 180.000,00	Rp 4.320.000,00
6	Pembuatan Top Pile	titik	24	Rp 2.147.000,25	Rp 51.528.006,00
Jumlah Harga					Rp 812.612.553,49

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m dengan alat *hammer diesel* pada tabel 4.29 terhitung sebesar Rp. 812.612.553,49.

4. Pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m dengan alat *hammer hydraulic*

Tabel 4.30. Rekapitulasi Harga Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Bulat Diameter 0,6 m dengan Alat *Hammer Hydraulic*

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Tiang Pancang Dia 600 m	m'	336	Rp 2.044.105,44	Rp 686.819.427,49
2	Pemancangan Tiang Pancang	m'	336	Rp 200.800,00	Rp 67.468.800,00
3	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	titik	24	Rp 200.575,00	Rp 4.813.800,00
4	Penyambungan Tiang Pancang	titik	48	Rp 138.990,00	Rp 6.671.520,00
5	Kalendering	titik	24	Rp 180.000,00	Rp 4.320.000,00
6	Pembuatan Top Pile	titik	24	Rp 2.147.000,25	Rp 51.528.006,00
Jumlah Harga					Rp 821.621.553,49

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi tiang pancang bulat diameter 0,6 m dengan alat *hammer hydraulic* pada tabel 4.30 terhitung sejumlah Rp.821.612.553,49.

5. Pondasi tiang pancang persegi 0,5 m x 0,5 m dengan *hammer diesel*

Tabel 4.31. Rekapitulasi Harga Satuan Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Persegi 0,5 m x 0,5 m dengan *Hammer Diesel*

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Tiang Pancang Persegi 0,5 x 0,5 m	m'	392	Rp 1.860.591,45	Rp 729.351.848,39
2	Pemancangan Tiang Pancang	m'	392	Rp 173.987,50	Rp 68.203.100,00
3	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	titik	28	Rp 200.575,00	Rp 5.616.100,00
4	Penyambungan Tiang Pancang	titik	56	Rp 138.990,00	Rp 7.783.440,00
5	Kalendering	titik	28	Rp 180.000,00	Rp 5.040.000,00
6	Pembuatan Top Pile	titik	28	Rp 2.147.000,25	Rp 60.116.007,00
Jumlah Harga					Rp 876.110.495,39

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi tiang pancang persegi 0,5 m x 0,5 m dengan *hammer diesel* pada tabel 4.31 terhitung sejumlah Rp.876.110.495,39.

6. Pondasi tiang pancang persegi 0,5 m x 0,5 m dengan *hammer hydraulic*

Tabel 4.32. Rekapitulasi Harga Satuan Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Persegi 0,5 m x 0,5 m dengan *Hammer Hydraulic*

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Tiang Pancang Persegi 0,5 x 0,5 m	m'	392	Rp 1.860.591,45	Rp 729.351.848,39
2	Pemancangan Tiang Pancang	m'	392	Rp 200.800,00	Rp 78.713.600,00
3	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	titik	28	Rp 200.575,00	Rp 5.616.100,00
4	Penyambungan Tiang Pancang	titik	56	Rp 138.990,00	Rp 7.783.440,00
5	Kalendering	titik	28	Rp 180.000,00	Rp 5.040.000,00
6	Pembuatan Top Pile	titik	28	Rp 2.147.000,25	Rp 60.116.007,00
Jumlah Harga					Rp 886.620.995,39

Pada rekapitulasi harga pekerjaan pondasi tiang pancang persegi 0,5 m x 0,5 m dengan *hammer hydraulic* pada tabel 4.32 terhitung sejumlah Rp.886.620.995,39.

e. Komparasi Biaya

Tabel 4.33. Komparasi Biaya Pekerjaan Pondasi

Jenis Tiang	Jumlah Harga
Pondasi Eksisting	Rp 941.608.143,87
Alternatif I	Rp 702.065.255,99
Alternatif II dengan <i>hammer diesel</i>	Rp 812.612.553,49
Alternatif II dengan <i>hammer hydraulic</i>	Rp 821.621.553,49
Alternatif III dengan <i>hammer diesel</i>	Rp 876.110.495,39
Alternatif III dengan <i>hammer hydraulic</i>	Rp 886.620.995,39

Berdasarkan tabel 4.33 diketahui bahwa ketiga alternatif memiliki biaya alternatif lebih rendah daripada pondasi eksisting yang mencapai harga Rp.941.608.143,87.

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 4.34. berikut.

Tabel 4.34. Selisih Biaya Alternatif Pondasi

Jenis Tiang	Harga Pondasi Eksisting	Selisih	Persentase
Alternatif I	Rp 941.608.143,87	Rp 239.542.887,88	25%
Alternatif II dengan <i>hammer diesel</i>	Rp 941.608.143,87	Rp 128.995.590,38	14%
Alternatif II dengan <i>hammer hydraulic</i>	Rp 941.608.143,87	Rp 119.986.590,38	13%
Alternatif III dengan <i>hammer diesel</i>	Rp 941.608.143,87	Rp 65.497.648,49	7%
Alternatif III dengan <i>hammer hydraulic</i>	Rp 941.608.143,87	Rp 54.987.148,49	6%

Pada alternatif pertama digunakan pondasi *bored pile* dengan diameter 80 cm dan terjadi penghematan sebesar Rp 239.542.887,88. Pada alternatif kedua pondasi tiang pancang bulat diameter 60 cm dengan menggunakan alat *hammer diesel* didapatkan penghematan sebesar Rp 128.995.590,38, sedangkan jika menggunakan *hammer hydraulic* maka akan muncul penghematan sebesar Rp 119.986.590,38. Alternatif ketiga digunakan pondasi tiang pancang persegi dimensi 50 x 50 cm, selisih harga didapatkan ketika menggunakan *hammer diesel* yaitu sebesar Rp 65.498.648,49, dan jika menggunakan *hammer hydraulic* maka akan muncul penghematan sebesar Rp. 54.987.148,49.

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 kecil sebesar 80 cm, sedangkan untuk alternatif kedua dan ketiga digunakan pondasi tiang pancang dengan perbedaan bentuk dan alat yang digunakan untuk masing-masing alternatif. Pada alternatif kedua menggunakan alternatif tiang pancang bulat diameter 60 cm, sedangkan untuk alternatif ketiga digunakan tiang pancang persegi 50 x 50 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. Kekokohan

Segi kekokohan alternatif dapat dilihat dari besarnya daya dukung. Pada alternatif pertama didapatkan daya dukung sebesar 3433,97 kN, sedangkan pada alternatif kedua memiliki daya dukung 3664,354 kN, dan pada alternatif ketiga 3780 kN.

Sehingga dapat disimpulkan dari ketiga alternatif, alternatif ketiga yang merupakan pondasi tiang pancang persegi 50 x 50 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, alternatif pertama yang merupakan pondasi bored pile dengan diameter 80 cm memiliki harga yang lebih murah daripada alternatif lainnya yang menggunakan tiang pancang. Untuk persentase penghematan dapat dilihat pada tabel 4.35. berikut.

Tabel 4.35. Persentase Penghematan Biaya Alternatif Desain

Jenis Tiang	Harga Pondasi Eksisting	Selisih	Persentase
Alternatif I	Rp 941.608.143,87	Rp 239.542.887,88	25%
Alternatif II dengan <i>hammer diesel</i>	Rp 941.608.143,87	Rp 128.995.590,38	14%
Alternatif II dengan <i>hammer hydraulic</i>	Rp 941.608.143,87	Rp 119.986.590,38	13%
Alternatif III dengan <i>hammer diesel</i>	Rp 941.608.143,87	Rp 65.497.648,49	7%
Alternatif III dengan <i>hammer hydraulic</i>	Rp 941.608.143,87	Rp 54.987.148,49	6%

d. Analisis keuntungan dan kerugian

Adapun analisis keuntungan dan kerugian dapat dilihat pada tabel 4.36. berikut.

Tabel 4.36. Analisis Keuntungan dan Kerugian Alternatif Pondasi

Alternatif	Keuntungan	Kerugian
Alternatif I	Mudah pelaksanaannya	Beton susah dikontrol
	Tidak ada penyambungan tiang	Memerlukan chasing
	Tidak menimbulkan getaran ataupun suara gaduh	Pengeboran dan pengecoran tergantung cuaca
	Mobilisasi demobilisasi lebih mudah	Daya dukung sangat mendekati daya dukung izin sehingga kurang kokoh dibanding alternatif lain
Alternatif II	Kualitas beton terbaik	Menimbulkan getaran dan kegaduhan terhadap lingkungan sekitar
	Muka air dangkal tidak masalah	Perlu penyambungan tiang
	Daya dukung cukup kokoh	Proses pemancangan tanah lempung dapat membuat tanah bergelombang dan tiang bergeser ke samping
Alternatif III	Daya dukung paling kokoh diantara alternatif lainnya	Menimbulkan getaran dan kegaduhan terhadap
	Kualitas beton terbaik	<i>Cost Saving</i> sedikit
	Daya dukung cukup kokoh	Proses pemancangan tanah lempung dapat membuat tanah bergelombang dan tiang bergeser ke samping
		Perlu penyambungan tiang

Berdasarkan tabel 4.36 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 4.37. manfaat dari jenis pondasi dapat dijabarkan secara angka sebagai berikut.

Tabel 4.37. Scoring Manfaat Pondasi

No	Aspek	Bored Pile	Tiang Pancang dengan <i>hammer diesel</i>	Tiang Pancang dengan <i>hammer hydraulic</i>
1	Dampak Terhadap Lingkungan			
	- Suara	2	1	3
	- Getaran	2	1	3
	- Kebersihan	1	2	3
2	Mutu Beton	1	2	3
3	Ketepatan posisi pondasi	3	2	1
4	Mobilisasi Alat	3	2	1
Jumlah		12	10	14

Pada tabel 4.37 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.

Berdasarkan analisis harga pondasi tiap alternatif pada Tabel 4.33. dan *scoring* manfaat pondasi Tabel 4.34., maka dapat dihitung analisis manfaat bersih seperti rumus 3.6. sebagai berikut:

1. Alternatif I $= \frac{12}{702.065.255,99} = 1,709 \times 10^{-8}$
2. Alternatif II dengan *hammer diesel* $= \frac{10}{812.612.553,49} = 1,231 \times 10^{-8}$
3. Alternatif II dengan *hammer hydraulic* $= \frac{14}{821.612.553,49} = 1,704 \times 10^{-8}$
4. Alternatif III dengan *hammer diesel* $= \frac{10}{876.110.495,39} = 1,141 \times 10^{-8}$
5. Alternatif II dengan *hammer hydraulic* $= \frac{14}{886.110.495,39} = 1,579 \times 10^{-8}$

Penelitian *value engineering* ini berfokus pada desain pondasi, sehingga manfaat langsung dapat dipertimbangkan terutama dari segi struktur dan manfaat bersih, sedangkan untuk manfaat tidak langsung yang berkenaan dengan aspek setelah bangunan dipakai seperti uang sewa tidaklah berpengaruh dengan jenis pondasi sehingga tidak dipertimbangkan.

f. Rekomendasi desain

Berdasarkan dari analisis biaya pada Tabel 4.35. dapat disimpulkan bahwa Alternatif I memiliki penghematan paling banyak sebesar 25% atau selisih sebanyak Rp 239.542.887,88 dari harga pondasi eksisting, kemudian berdasarkan Tabel 4.37. dan perhitungan manfaat bersih dari ketiga alternatif ditemukan bahwa alternatif I memiliki manfaat yang paling tinggi daripada alternatif lainnya, sehingga peneliti merekomendasikan alternatif I yang merupakan alternatif desain bored pile diameter 80 cm dengan jumlah 10 buah per abutment sebagai desain paling efektif yang dapat diterapkan pada Proyek Penggantian Jembatan Progo Kranggan.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian *value engineering* yang dilakukan pada Proyek Penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Penerapan *value engineering* pada proyek penggantian Jembatan Progo Kranggan, Cs dapat dilakukan salah satunya dengan mengganti desain pada struktur bawah jembatan khususnya pada pondasi.
- b. Pada penelitian ini peneliti menggunakan tiga alternatif, dan ditemukan bahwa pondasi yang efisien adalah alternatif pertama yaitu pondasi bored pile diameter 80 cm dengan jumlah tiang 10 per abutment dan memiliki daya dukung 3433,97 kN.
- c. Biaya pekerjaan pondasi eksisting memiliki harga sebesar Rp 941.608.143,87. Biaya yang optimal adalah alternatif pertama yang dapat dilihat dari biaya pekerjaan pondasi menjadi Rp 702.065.255,99 yang berarti terjadi penghematan sebesar 25% yaitu Rp 239.542.887,88.
- d. Rekomendasi yang didapat pada *value engineering* dengan manfaat bersih setinggi-tingginya adalah menggunakan pondasi *bored pile* dengan diameter 80 cm.

5.2. Saran

Setelah melakukan studi *value engineering* pada proyek jembatan dengan studi kasus Jembatan Progo Kranggan, Cs perlu dilakukan kajian selanjutnya khususnya pada bagian perhitungan struktur bawah maupun 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*.
- Himawan Nur Aredha Putra, Sugiyarto, Ary Setyawan. (2018). ANALISIS VALUE ENGINEERING PADA PONDASI JEMBATAN (STUDI KASUS : PROYEK JEMBATAN KALI CENGER TOL SEMARANG-SOLO RUAS SALATIGA-BOYOLALI SESI AMPEL-BOYOLALI). *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 631-637.
- 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.
- Nicolas Hadi, Edison Leo. (2018). Analisis Perbandingan Perkuatan Jembatan Rangka Baja Dengan Metode Prategang Eksternal Ditinjau Dari Bentuk Trase Kabel Prategang. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 230-239.
- Pratama, M. A. (2020). *Analisa Value Engineering Pada Struktur Bawah Jembatan Joyoboyo-Wonokromo Kota Surabaya*. Mojokerto: Universitas Islam Majapahit.
- Sarju. (2018). *Penerapan Value Engineering Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Jalan dan Jembatan Lemah Abang di Kabupaten Gunung Kidul)*. Yogyakarta: Program Pasca Sarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Soeharto, I. (1995). *Manajemen Proyek*. Jakarta: Erlangga.

Zimmerman, L. (1978). *Value Engineering A Practical Approach*. New York: Van Nostrand Company.

