ANALISIS OPTIMASI BIAYA KONSTRUKSI DENGAN METODE *ZERO ONE* UNTUK PEKERJAAN DRAINASE DAN GORONG-GORONG PADA PROYEK JEMBATAN

TUGAS AKHIR

"Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil Jenjang Pendidikan Strata-1"

Diajukan Oleh:

Ryan Agustian

1910107008

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS PRADITA

TANGERANG

2023

ANALISIS OPTIMASI BIAYA KONSTRUKSI DENGAN METODE *ZERO ONE* UNTUK PEKERJAAN DRAINASE DAN GORONG-GORONG PADA PROYEK JEMBATAN

TUGAS AKHIR

UNTUK MEMENUHI SEBAGIAN DARI SYARAT-SYARAT

GUNA MENCAPAI GELAR SARJANA TEKNIK SIPIL (S1)

Diajukan Oleh:

Ryan Agustian

1910107008

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS PRADITA

TANGERANG

2023

PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Nama	:	Ryan Agustian
NIM	:	1910107008
Program Studi	:	Teknik Sipil
Bentuk Tugas Akhir	:	Skripsi
Peminatan Tugas Akhir	:	Manajemen Konstruksi
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Optimasi Biaya Konstruksi dengan Metode *Zero One* untuk Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong pada Proyek Jembatan

Diterima dan Disetujui untuk Diujikan

Tangerang, 07 Agustus 2023

Pembimbing I

Nadia Diandra, S.T., M.T.

PRADITA University

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama	:	Ryan Agustian
NIM	:	1910107008
Program Studi	:	Teknik Sipil
Bentuk Tugas Akhir	:	Skripsi
Peminatan Tugas Akhir	:	Manajemen Konstruksi
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Optimasi Biaya Konstruksi dengan Metode *Zero One* untuk Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong pada Proyek Jembatan

Telah diujikan pada hari Senin, tanggal 28, bulan Agustus, tahun 2023

Dengan dinyatakan lulus

TIM PENGUJI

Penguji I

Dr. Amelia Makmur, S.T., M.T.

Penguji II

Ir. Mulyadi Sugih Dharsono, M.M., M.Th., M.Kom., D.M.S.

Diketahui oleh:

Dosen Koordinator Tugas Akhir

Dr. Van Basten, S.T., M.T.

Disahkan oleh:

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Mulyadi Sugih Dharsono, M.M., M.Th., M.Kom., D.M.S.

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir yang telah saya susun ini adalah benar karya ilmiah saya sendiri dan tidak mengandur unsur plagiat dari karya ilmiah orang lain (sebagian/seluruhnya). Semua karya ilmiah orang lain atau Lembaga lain yang dikutip dalam tugas akhir ini telah disebutkan sumber kutipannya dan dicantumkan di dalam Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan atau penyimpangan baik dalam pelaksanaan maupun penyusunan tugas akhir, maka saya bersedia untuk mendapatkan sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku dan dinyatakan TIDAK LULUS.

Tangerang, 05 September 2023

Ryan Agustian

NIM: 1910107004

PRADITA University

PRU/SPMI/FR-PP-25/0821

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Dengan ini saya sebagai civitas akademik Universitas Pradita yang bertandatangan dibawah ini:

Nama	: Ryan Agustian
NIM	: 1910107008
Program Studi	: Teknik Sipil
Bentuk Tugas Akhir	: Skripsi

untuk meningkatkan pengembangan ilmu pengetahuan, memberikan skripsi/ Tugas Akhir kepada Universitas Pradita Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right)* dengan judul:

Analisis Optimasi Biaya Konstruksi dengan Metode *Zero One* untuk Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong pada Proyek Jembatan

Beserta dokumen Tugas Akhir yang ada sesuai ketentuan yang berlaku. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) ini, maka Universitas Pradita berhak menyimpan dan mengelola dalam bentuk *database*, dan mempublikasikan Tugas Akhir ini dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis Tugas Akhir ini sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Tangerang, 05 September 2023

Yang Menyatakan

(Ryan Agustian)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat sehat dan selamat sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini berjudul "Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Dengan Metode *Zero One* Untuk Pekerjaan Drainase Dan Gorong-Gorong Pada Proyek Jembatan" ditunjukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik guna mendapatkan gelar Sarjana Teknik Sipil Universitas Pradita, Tangerang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, tugas akhir ini tidak akan dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Mulyadi Sugih Dharsono, M.M., M.Th, M.Kom., D.M.S. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Pradita.
2. Ibu Nadia Diandra, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I penulis yang telah memberikan arahan, masukan, dan saran yang membangun kepada penulis.
3. Bapak Dr. Van Basten, S.T., M.T. selaku Dosen Kordinator Tugas Akhir.
4. Orang tua penulis yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
5. Teman-teman mahasiswa yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Tangerang, 11 Agustus 2023

Ryan Agustian

ABSTRAK

Ryan Agustian

Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Dengan Metode *Zero One* Untuk Pekerjaan Drainase Dan Gorong-Gorong Pada Proyek Jembatan

(XV+ 89 halaman; 17 gambar; 31 tabel; 3 lampiran; 4 persamaan)

Di era modern saat ini, pembangunan infrastruktur dan proyek konstruksi telah menjadi bagian yang tak terpisahkan dari perkembangan suatu negara. Dalam proyek konstruksi juga diperlukan biaya sehingga proyek dapat berjalan dengan lancar. Perhitungan biaya memerlukan ketepatan dan ketelitian yang baik karena hal tersebut memiliki resiko menimbulkan pembengkakan biaya pada proyek konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan alternatif yang dapat menjadi optimasi biaya dari pekerjaan drainase dan gorong-gorong. Metode yang digunakan adalah metode zero one yang digunakan sebagai pengambilan keputusan berdasarkan peringkat pada alternatif terbaik yang ditinjau dari beberapa faktor. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa rencana anggaran biaya proyek dan data primer berupa hasil dari wawancara. Desain awal yang direncanakan yaitu menggunakan pipa *reinforced concrete pipe* dengan biaya sebesar Rp327.355.915,40. Dan didapatkan alternatif menggunakan buis beton sebesar Rp103.342.329,82. Maka didapat penghematan biaya sebesar Rp224.013.586 dengan persentase penghematan biaya sebesar 68,43%.

Kata Kunci: *Optimasi Biaya, Pekerjaan Drainase, Metode Zero one*

Refrensi: 27 (2012-2023)

ABTRACT

Ryan Agustian

Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Dengan Metode *Zero One* Untuk Pekerjaan Drainase Dan Gorong-Gorong Pada Proyek Jembatan

(XV+ *89 pages; 17 images; 31 tabels; 3 appendixes*; 4 *equations*)

In today's modern era, infrastructure development and construction projects have become an inseparable part of a country's development. In construction projects, costs are also needed so that the project can run smoothly. Calculation of costs requires good accuracy and accuracy because this has the risk of causing cost overruns in construction projects. This study aims to find alternatives that can optimize the cost of drainage and culvert works. The method used is the zero one method which is used as a decision making based on ranking on the best alternative in terms of several factors. The data used are secondary data in the form of project budget plans and primary data in the form of results from interviews. The initial design planned is to use reinforced concrete pipes at a cost of IDR 327,355,915.40. And an alternative was obtained using concrete buis of IDR 103,342,329.82. Then a cost savings of IDR 224,013,586 is obtained with a cost saving percentage of 68,43%.

Kata Kunci: *Cost Optimization, Drainage Work, Zero One Method*

Refrensi: 27 (2012-2023)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL ..... **i**
HALAMAN JUDUL ..... **ii**
PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR ..... **iii**
PENGESAHAN TUGAS AKHIR ..... **iv**
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT ..... **v**
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
ABSTRAK ..... **viii**
ABTRACT ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Ruang Lingkup 5
1.6 Sistematika Penulisan 6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **8**
2.1 Drainase dan Gorong-Gorong 8
2.2 Rencana Anggaran Biaya 14
2.3 Optimasi Biaya Proyek 17
2.4 Nilai (*Value*) 21
2.5 Biaya (*Cost*) 23
2.6 Fungsi (*Function*) 26
2.7 Analisis Pareto 28
2.8 Tahapan Optimasi Biaya 32

2.8.1 Tahap Informasi 32
2.8.2 Tahap Kreatif 33
2.8.3 Tahap Analisis 36
2.8.4 Tahap Rekomendasi 37
2.9 Analisis Harga Satuan Pekerjaan 38
2.10 Penelitian Terdahulu 42
BAB 3 METODE PENELITIAN 45
3.1 Kerangka Penelitian 45
3.2 Gambaran umum 46
3.3 Teknik Pengumpulan Data 47
3.4 Metode *Zero One* 47
BAB 4 PEMBAHASAAN 52
4.1 Tahap Informasi 52
4.2 Tahap Kreatif 56
4.3 Tahap Analisis 59
4.3.1 Analisis Biaya 60
4.3.2 Analisis Waktu 65
4.3.3 Analisis Metode Kerja 68
4.4 Tahap Rekomendasi 78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 85
5.1 Kesimpulan 85
5.2 Saran 86
DAFTAR PUSTAKA 87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 42
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu (Lanjutan) 43
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu (Lanjutan) 44
Tabel 3. 1 Contoh Tabel *Zero One* untuk Mencari Bobot 49
Tabel 3. 2 Contoh Tabel *Zero One* untuk Mencari Indeks 50
Tabel 3. 3 Tabel Matriks Evaluasi 51
Tabel 4. 1 Breakdown Biaya Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong 52
Tabel 4. 2 Tabel Pareto Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong 53
Tabel 4. 3 Tabel Alternatif 57
Tabel 4. 4 *Breakdown* Keuntungan dan Kerugian 58
Tabel 4. 5 *Breakdown* Keuntungan dan Kerugian (Lanjutan) 59
Tabel 4. 6 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa HDPE 61
Tabel 4. 7 Analisis Harga Satuan Pekerjaan *U-ditch* 61
Tabel 4. 8 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa Baja 62
Tabel 4. 9 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa RCP 62
Tabel 4. 10 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa CSP 63
Tabel 4. 11 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa Buis Beton 63
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Perbandingan Biaya 64
Tabel 4. 13 Durasi Pekerjaan Pipa *Corrugated HDPE* 65
Tabel 4. 14 Durasi Pekerjaan *U-ditch* 66
Tabel 4. 15 Durasi Pekerjaan Pipa Baja 66
Tabel 4. 16 Durasi Pekerjaan Pipa *Reinforced Concrete Pipe* 66
Tabel 4. 17 Durasi Pekerjaan Pipa Buis Beton 67
Tabel 4. 18 Durasi Pekerjaan Pipa *Corrugated Steel Pipe* 67
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Durasi Pekerjaan 67
Tabel 4. 20 Analisis Metode Kerja 78
Tabel 4. 21 Pembobotan 79
Tabel 4. 22 Indeks Waktu 79
Tabel 4. 23 Indeks Biaya 81
Tabel 4. 24 Indeks Metode Kerja 82
Tabel 4. 25 Matriks Evaluasi 82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Reinforced Concrete Pipe* 10
Gambar 2. 2 Pipa PVC 11
Gambar 2. 3 Pipa *Corrugated Steel Pipe* 13
Gambar 2. 4 Buis Beton Tanpa Tulangan 14
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian 45
Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian (Lanjutan) 46
Gambar 3. 3 Lokasi Proyek 47
Gambar 4. 1 Diagram Pareto Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong 54
Gambar 4. 2 Gambar Potongan Proyek 55
Gambar 4. 3 Keterangan Gambar Potongan Proyek 55
Gambar 4. 4 Diagram Perbandingan Biaya 64
Gambar 4. 5 Flowchart Pekerjaan Pemasangan Pipa *Corrugated HDPE* 69
Gambar 4. 6 Flowchart Pekerjaan Pemasangan *U-Ditch* 70
Gambar 4. 7 Flowchart Pekerjaan Pemasangan Pipa Baja 72
Gambar 4. 8 Flowchart Pekerjaan Pemasangan Pipa RCP 74
Gambar 4. 9 Flowchart Pekerjaan Pemasangan Pipa Buis Beton 75
Gambar 4. 10 Flowchart Pekerjaan Pemasangan Pipa CSP 76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rencana Anggaran Biaya L-1
Lampiran 2 Hasil Wawancara L-2
Lampiran 3 Gambar Kerja L-3

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern saat ini, pembangunan infrastruktur dan proyek konstruksi telah menjadi bagian yang tak terpisahkan dari perkembangan suatu negara. Indonesia sendiri merupakan negara yang tengah mengalami pertumbuhan ekonomi yang pesat, sehingga membutuhkan banyak pembangunan infrastruktur dan fasilitas publik untuk menunjang kebutuhan masyarakat serta meningkatkan kualitas hidup. Proyek konstruksi yang besar dan kompleks memerlukan kontraktor untuk dapat menyelesaikannya. Kontraktor bertanggung jawab untuk mengelola seluruh aspek dalam proyek konstruksi, mulai dari perencanaan, pengadaan material, pengaturan tenaga kerja, hingga pelaksanaan proyek dan pengendalian biaya. (Alison,2015)

Banyaknya proyek konstruksi yang membutuhkan kontraktor di Indonesia saat ini dapat dikaitkan dengan berbagai faktor. Pertama, pertumbuhan ekonomi yang tinggi memerlukan pembangunan infrastruktur yang lebih besar dan luas, seperti pembangunan jalan tol, jembatan, pelabuhan, dan bandara. Kedua, pemerintah Indonesia sedang gencar-gencarnya mempercepat pembangunan infrastruktur melalui program pembangunan nasional, sehingga banyak proyek konstruksi yang dilakukan. Ketiga, semakin tingginya tingkat urbanisasi di Indonesia membuat kebutuhan akan perumahan dan gedung perkantoran semakin meningkat, sehingga banyak proyek konstruksi yang berfokus pada pembangunan fasilitas ini.

Selain itu, berkembangnya teknologi dan inovasi di bidang konstruksi juga membuat banyak proyek konstruksi menjadi lebih kompleks dan memerlukan kontraktor yang memiliki keahlian khusus. Hal ini juga turut mempengaruhi banyaknya proyek konstruksi yang memerlukan kontraktor di Indonesia saat ini. Dalam pelaksanaannya, proyek konstruksi juga memerlukan biaya agar proyek tersebut berjalan. Biaya memiliki peran penting dalam mendukung kelancaran pembangunan proyek, oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan yang matang terkait dengan kebutuhan biaya (Nadia, 2023). Langkah pertama dalam perencanaan konstruksi adalah mempersiapkan terlebih dahulu anggaran biaya untuk pelaksanaan proyek konstruksi tersebut kemudian, baru melanjutkan proyek ke tahap desain dan konstruksi. Namun, anggaran biaya ini sering menjadi kendala karena setiap perusahaan ingin memiliki biaya yang murah dalam proses proyek konstruksi dengan kualitas yang baik. Serta juga adanya perubahan harga yang sering terjadi seiring proyek berlangsung menjadikannya alasan kendala dalam anggaran biaya.

Perhitungan biaya memerlukan ketepatan dan ketelitian yang baik karena hal tersebut memiliki resiko menimbulkan pembengkakan biaya pada proyek konstruksi. Perhitungan biaya biasanya disebut juga rencana anggaran biaya (RAB), dimana dalam proyek konstruksi akan dikerjakan terlebih dahulu dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Perhitungan biaya akan dijadikan sebagai acuan para kontraktor dan *owner* untuk pengawasan biaya pembangunan tersebut. Rencana anggaran biaya adalah tolak ukur atau acuan dalam perencanaan pembangunan diseluruh proyek konstruksi. Adanya RAB, *owner* dan kontraktor

bisa mengukur kemampuan biaya dan sumber daya yang akan digunakan atau dikeluarkan untuk pembangunan proyek tersebut.

Optimasi biaya pada sebuah proyek konstruksi sangat penting, karena dengan mengoptimalkan biaya maka proyek dapat diselesaikan dengan anggaran yang lebih efisien, sehingga menghindari pemborosan sumber daya dan anggaran yang berlebihan. Hal ini membantu menjaga keseimbangan antara kualitas dan harga yang ditawarkan oleh proyek konstruksi. Selain itu, optimasi biaya juga mendorong inovasi dan kreativitas dalam mencari alternatif-alternatif yang lebih murah namun tetap memenuhi persyaratan proyek. Dalam upaya untuk mengoptimalkan biaya, dicari cara baru untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, memilih bahan yang lebih ekonomis, atau mengurangi waktu konstruksi.

Pada penelitian ini dilakukan optimasi biaya pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong yang memiliki biaya yang besar dalam rencana anggaran biaya pada proses tender. Optimasi pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong dapat dilakukan dengan memperhatikan metode pekerjaan sehingga dapat mengurangi biaya yang ada pada item pekerjaan. Selain itu, pemilihan bahan material yang tepat juga dapat membantu mengurangi biaya proyek. Bahan material yang berkualitas tinggi mungkin lebih mahal, tetapi dapat memiliki umur pakai yang lebih lama, sehingga penggantian menjadi lebih jarang dilakukan dan biaya yang dikeluarkan menjadi lebih rendah. Penggunaan teknologi yang tepat dan pengaturan waktu pekerjaan yang efektif juga dapat membantu mengurangi biaya proyek. Dengan merencanakan pekerjaan dengan baik, menghindari kesalahan, dan mengurangi waktu yang dibutuhkan, biaya yang dikeluarkan dapat diminimalkan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Apa saja item pekerjaan yang dapat dilakukan optimasi biaya pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong di proyek jembatan?
b. Alternatif apakah yang dipilih dalam penerapan optimasi biaya pada pekerjaan drainase dan gorong- gorong di proyek jembatan?
c. Berapa biaya yang diperoleh dari hasil optimasi biaya yang dilakukan pada pekerjaan drainase dan gorong- gorong di proyek jembatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Menganalisis item pekerjaan yang dapat dilakukan optimasi biaya pada pekerjaan drainase dan gorong- gorong di proyek jembatan.
b. Menganalisis alternatif yang dipilih dalam penerapan optimasi biaya pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong di proyek jembatan.
c. Menganalisis biaya yang diperoleh dari hasil optimasi biaya yang dilakukan pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong di proyek jembatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

a. Bagi Bidang Akademik

   Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi pengembangan teori mengenai analisis dan proses optimasi biaya pada suatu proyek konstruksi.

b. Bagi Pelaku Jasa Konstruksi

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan dan pilihan pada alternatif sehingga mendapatkan suatu optimasi biaya konstruksi secara optimum.

c. Bagi Peneliti Dimasa yang Akan Datang

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan refrensi atau masukan bagi peneliti yang memiliki keinginan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai optimasi biaya konstruksi.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk menghindari peluasan permasalahan dalam penelitian maka diperlukan ruang lingkup pembahasan penelitian. Adapun ruang lingkup pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Penelitian dilakukan di proyek jembatan sungai Citarum untuk mendapatkan optimasi biaya pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong.
b. Data optimasi biaya pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong berupa data sekunder yang diperoleh dari proyek jembatan sungai citarum.
c. Optimasi biaya pada penelitian ini dilakukan pada tahap desain dan metode konstruksi yang akan mempengaruhi biaya.
d. Desain awal adalah desain yang digunakan dalam dokumen tender.
e. Optimasi biaya yang dilakukan mengacu pada harga satuan yang ada pada jurnal harga bahan bangunan dan SNI 2016.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berisi tentang penjelasan mengenai isi atau pembahasan setiap bab yang ditulis oleh penulis. Pada penelitian ini, terdiri dari 5 bagian (bab) dan berikut adalah penjelasan singkat mengenai masing-masing bab.

Bab I Pendahuluan

Bab pendahuluan membahas tentang latar belakang yang didasari dengan adanya proyek dengan biaya yang besar dan perlu dilakukan optimasi biaya, perumusan masalah yang menjelaskan akar-akar permasalahan yang menjadi perhatian penulis, tujuan penelitian, manfaat penelitian yang menjelaskan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, ruang lingkup penelitian yang menjelaskan ruang lingkup yang diteliti dalam penelitian ini, dan sistematika penulisan yang menjelaskan singkat mengenai bagian-bagian dalam penelitian ini.

Bab II Tinjauan Pusataka

Bab tinjauan pustaka menjelaskan tentang teori-teori yang digunakan dalam mendukung analisis dan pembahasan dari penelitian ini seperti drainase dan gorong-gorong yang menjelaskan mengenai pengertian dasar mengenai drainase dan gorong-gorong, rencana anggaran biaya yang menjelaskan mengenai estimasi anggaran biaya yang diperlukan untuk merancang proyek, optimasi biaya proyek yang menjelaskan mengenai optimasi biaya untuk mengurangi biaya tanpa mengurangi kualitas proyek, nilai yang menjelaskan mengenai manfaat yang diharapkan untuk mencapai tujuan proyek, biaya menjelaskan mengenai biaya yang diperlukan untuk proyek, fungsi menjelaskan mengenai tujuan proyek, analisis pareto menjelaskan mengenai analisa permasalahan dan cacat yang ada dan berpengaruh besar pada keseluruhan pekerjaan, tahapan optimasi biaya

menjelaskan mengenai langkah yang dilakukan untuk menghemat biaya proyek yang di dalamnya terdapat tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisis, dan tahap rekomendasi. Penelitian terdahulu menjelaskan mengenai penelitian-penelitian dan refrensi yang relevan dengan penelitian ini.

Bab III Metode Penelitian

Bab metode penelitian membahas tentang metodologi penelitian yang berisi tentang kerangka penelitian yang menjelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan penulis dalam menyusun penelitian, gambaran umum yang menjelaskan mengenai objek penelitian, teknik pengumpulan data yang menjelaskan mengenai teknik pengumpulan data yang digunakan dan jenis-jenis teknik pengumpulan data, metode analisis data yang menjelaskan mengenai metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini.

Bab IV Pembahasan

Bab pembahasan membahas tentang tahapan optimasi biaya. Tahap informasi menjelaskan mengenai pembiayaan pekerjaan saluran drainase dan gorong-gorong, tahap kreatif menjelaskan mengenai alternatif dari rancangan awal proyek, tahap analisis yang di dalamnya terdapat analisis waktu, biaya, dan metode kerja. Dan terakhir terdapat tahap rekomendasi yang menjelaskan mengenai usulan atau alternatif yang diusulkan dan sudah dipertimbangkan sebelumnya.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab kesimpulan dan saran membahas tentang kesimpulan yang bisa diambil dalam penelitian ini dan saran-saran yang berguna bagi penulis untuk penelitian ke depannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase dan Gorong-Gorong

Drainase adalah sistem yang dirancang untuk mengalirkan air permukaan dari suatu wilayah atau kawasan. Sistem ini berperan penting dalam menjaga lingkungan yang sehat dan kualitas hidup manusia. Drainase biasanya digunakan untuk mengendalikan aliran air hujan, menghindari terjadinya banjir, serta mencegah erosi dan longsor. Sistem drainase bukan hanya penting untuk mencegah banjir dan erosi, tetapi juga berkontribusi pada manajemen air permukaan secara keseluruhan. Dengan mengalirkan air hujan dengan tepat, sistem drainase membantu menjaga keseimbangan ekosistem, mengurangi dampak erosi tanah, dan memelihara kualitas air di perairan lokal. (Kusumosusanto,2022)

Sistem drainase terdiri dari berbagai jenis saluran, pompa, dan peralatan lainnya yang dirancang untuk mengatur aliran air hujan dari wilayah tertentu. Saluran drainase dapat berupa saluran terbuka seperti sungai, parit atau saluran tertutup seperti pipa atau gorong-gorong. Saluran drainase memiliki berbagai macam ukuran, bentuk, dan fungsi, tergantung pada sifat dan volume air yang akan diatur.

Contohnya seperti pada lingkungan perkotaan dimana permukaan tertutup oleh bangunan serta jalan yang berdampak pada penyerapan air yang kurang baik, sehingga sistem drainase ini menjadi sangat penting untuk mengarahkan aliran air juga mencegah adanya genangan air di perkotaan.

Saluran drainase dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

a. Saluran Utama (*Main channel*) yaitu saluran drainase utama yang mengalirkan air dari wilayah yang lebih luas ke area yang lebih rendah yaitu saluran anak dan saluran pengumpul. Saluran utama memiliki kapasitas besar dalam menampung aliran air yang cukup besar. Contoh dari saluran utama adalah sungai besar ataupun kanal utama dalam sistem drainase.

b. Saluran Anak (*Tributary Channel*) adalah saluran drainase yang bersifat sebagai pengumpul aliran dari beberapa area kecil dan mengalirkan air tersebut ke saluran pengumpul yang lebih besar. Saluran ini terhubung ke saluran utama dan ukuran serta kapasitasnya cenderung lebih kecil dibandingkan saluran utama.

c. Saluran pengumpul (*Collector Channel*) adalah saluran yang berfungsi mengumpulkan air dari wilayah tertentu dan mengalirkannya ke saluran utama atau saluran pembuang. Saluran pengumpul akan bertindak sebagai pembawa aliran air menuju ke tahap akhir sistem drainase dan umumnya memiliki dimensi lebih kecil dibandingkan saluran utama tetapi berdimensi lebih besar dibandingkan saluran anak.

d. Saluran pembuang (*Outlet Channel*) adalah saluran yang berfungsi mengalirkan air dari sistem drainase ke perairan alami yaitu laut maupun sungai. Saluran ini berperan penting dalam mencegah adanya genangan air berlebihan atau mencegah kejadian banjir sehingga harus dirancang dengan sebaik mungkin agar seluruh aliran air keluar dengan lancar dan menghindari kerusakan lingkungan.

Dalam lingkup konstruksi, drainase dianggap sebagai salah satu elemen penting dalam manajemen air permukaan dan pengendalian banjir. Perencanaan dan perancangan sistem drainase membutuhkan analisis yang cermat tentang topografi, curah hujan, dan volume air yang dihasilkan oleh hujan.

Gorong-gorong atau pipa drainase adalah salah satu komponen penting dalam sistem drainase. Gorong-gorong digunakan untuk mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lain, baik itu untuk mengatasi genangan air atau untuk mengalirkan air dari hujan ke saluran pembuangan. Gorong-gorong umumnya terbuat dari beton, besi, atau plastik dan tersedia dalam berbagai ukuran dan bentuk, tergantung pada kebutuhan sistem drainase. (Yessy,2020)

Beberapa jenis gorong-gorong yang umum digunakan dalam sistem drainase, antara lain:

a. Gorong-gorong beton bertulang (*RC Pipe*)

Gorong-gorong jenis ini terbuat dari beton yang diperkuat dengan tulangan besi. Gorong-gorong *RC* umumnya digunakan untuk memindahkan air yang memiliki volume dan kecepatan aliran yang besar. Gorong-gorong *RC* tersedia dalam berbagai ukuran, mulai dari diameter 300 mm hingga 3000 mm.

Gambar 2. 1 *Reinforced Concrete Pipe*

Sumber: PT. Beton Elemenindo Perkasa, 2022

b. Gorong-gorong baja berlapis (*Coated Steel Pipe*)

Gorong-gorong jenis ini terbuat dari baja yang dilapisi dengan bahan anti karat. Gorong-gorong baja berlapis umumnya digunakan untuk memindahkan air yang berisi zat-zat kimia atau limbah industri. Gorong-gorong baja berlapis tersedia dalam berbagai ukuran, mulai dari diameter 200 mm hingga 3600 mm.

c. Gorong-gorong plastik (*Plastic Pipe*)

Gorong-gorong jenis ini terbuat dari bahan plastik seperti *PVC* atau *HDPE*. Gorong-gorong plastik umumnya digunakan untuk memindahkan air hujan yang volume dan kecepatan alirannya relatif kecil. Gorong-gorong plastik tersedia dalam berbagai ukuran, mulai dari diameter 100 mm hingga 1500 mm.

Gambar 2. 2 Pipa PVC

Sumber: Rucika, 2019

Selain jenis-jenis di atas, terdapat juga gorong-gorong lain seperti gorong-gorong cor logam, gorong-gorong kayu, dan lain sebagainya. Penggunaan jenis gorong-gorong yang tepat akan meningkatkan efisiensi sistem drainase dan mencegah terjadinya banjir atau genangan air yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

d. Gorong-gorong *u-ditch*

Pipa *u-ditch* adalah jenis saluran pembuangan atau drainase yang sering digunakan dalam proyek konstruksi untuk mengalirkan air hujan atau air limbah.

Pipa ini memiliki bentuk melengkung atau setengah lingkaran, menyerupai huruf "U" saat dilihat dari atas. Pipa *u-ditch* biasanya terbuat dari beton atau material yang tahan terhadap korosi dan tekanan air. Salah satu keunggulan utama dari pipa *u-ditch* adalah kemampuannya untuk mengalirkan air dengan lancar karena bentuknya yang melengkung, sehingga dapat membantu mencegah genangan air dan banjir di area konstruksi atau perkotaan. Pipa *u-ditch* juga relatif mudah dipasang dan dapat digunakan untuk mengalirkan air dari area yang lebih tinggi ke area yang lebih rendah. Meskipun begitu, perlu diperhatikan bahwa pipa *u-ditch* dapat memiliki keterbatasan dalam mengatasi aliran air yang sangat besar atau volume air yang tinggi.

e. Gorong-gorong *corrugated steel pipe*

Pipa *Corrugated Steel Pipe* (CSP) merupakan jenis saluran pipa yang terbuat dari material baja dengan permukaan yang berlekuk atau bergelombang. Struktur bergelombang pada pipa ini memberikan keunggulan tambahan pada kekuatan dan kemampuan untuk menanggung tekanan dan beban tertentu. Pipa CSP biasanya digunakan dalam berbagai proyek infrastruktur, sanitasi, dan drainase, seperti untuk saluran air hujan, gorong-gorong, atau saluran air limbah. Kelebihan utama dari pipa CSP meliputi daya tahan dan ketahanan terhadap beban, serta kemampuan untuk menghadapi variasi suhu dan kondisi lingkungan yang beragam. Material baja yang digunakan juga memiliki ketahanan terhadap korosi, sehingga pipa CSP memiliki umur pakai yang panjang. Meskipun demikian, perlu diperhatikan dimensi dan spesifikasi yang sesuai agar pipa CSP beroperasi secara optimal dalam lingkungan yang diberikan.

Gambar 2. 3 Pipa *Corrugated Steel Pipe*

Sumber: Metal Culvert, Inc., 2018

f. Gorong-gorong buis beton atau pipa beton tanpa tulang

Buis beton tanpa tulangan adalah jenis saluran pipa yang terbuat dari beton tanpa adanya penambahan struktur tulangan baja di dalamnya. Buis beton ini memiliki permukaan luar yang biasanya bergelombang atau berlekuk, dan digunakan untuk mengalirkan air, cairan, atau limbah dalam berbagai proyek infrastruktur seperti saluran drainase, sanitasi, dan pengelolaan air hujan. Meskipun tanpa tulangan, buis beton ini tetap memberikan kekuatan dan daya tahan terhadap tekanan dan beban tertentu, serta memiliki kemampuan untuk mengatasi variasi suhu dan lingkungan. Keuntungan utama dari buis beton tanpa tulangan adalah kemudahan pemasangan dan biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis buis beton yang dilengkapi tulangan. Namun, perlu memperhatikan dimensi dan spesifikasi yang tepat agar buis beton tanpa tulangan berfungsi dengan baik sesuai dengan kebutuhan proyek dan kondisi lingkungan yang ada.

Gambar 2. 4 Buis Beton Tanpa Tulangan

Sumber: Megacon Concrete, 2018

2.2 Rencana Anggaran Biaya

Menurut Virginia (2021), Rencana Anggaran Biaya Proyek (RAB) adalah sebuah dokumen perencanaan yang memuat rincian biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi. RAB juga menggambarkan kebutuhan sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek tersebut, seperti bahan bangunan, tenaga kerja, dan peralatan konstruksi.

Dalam RAB, terdapat daftar rincian pekerjaan, spesifikasi, jumlah, dan perkiraan harga satuan dari semua material dan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam proyek. Selain itu, RAB juga berisi anggaran biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek tersebut, termasuk biaya material, biaya tenaga kerja, biaya peralatan, biaya sewa, dan biaya lainnya.

Pembuatan RAB harus didasarkan pada data yang akurat dan detail mengenai kebutuhan proyek. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan survei lapangan dan mengumpulkan informasi mengenai spesifikasi material, upah tenaga kerja, dan biaya peralatan. Selain itu, RAB juga harus mengikuti standar dan regulasi yang berlaku di wilayah proyek tersebut.

Penyusunan RAB yang akurat dan terperinci sangat penting untuk memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan. Selain itu, RAB juga dapat membantu dalam memprediksi biaya proyek di masa depan dan memperkirakan kemungkinan risiko dan perubahan yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek.

Menurut Nugraha (2018) terdapat beberapa unsur yang biasanya terdapat dalam rencana anggaran biaya proyek antara lain:

a. Deskripsi proyek: Menjelaskan secara detail tentang proyek yang akan dibiayai, termasuk tujuan proyek, batasan proyek, lingkup proyek, dan lain sebagainya. Deskripsi proyek akan membantu dalam mengetahui apa yang akan diharapkan dari proyek dan menjadi panduan kepada pihak-pihak yang bersangkutan.
b. Rincian biaya: Menjelaskan rincian biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Rincian biaya dapat mencakup biaya bahan, biaya tenaga kerja, biaya peralatan, biaya sewa tempat, biaya transportasi, dan lain sebagainya. Setiap komponen akan dijabarkan sesuai dengan kuantitas yang diperlukan, harga per unitnya, dan total biaya untuk setiap komponennya.
c. Durasi proyek: Menjelaskan perkiraan durasi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Biasanya berupa estimasi banyaknya jumlah hari, minggu, atau bulan yang akan dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaannnya. Durasi proyek akan membantu dalam merancang jadwal pelaksanaan serta pengalokasian sumber daya yang ada.
d. Jadwal pembayaran: Menjelaskan jadwal pembayaran yang akan dilakukan selama proses pembangunan proyek. Jadwal pembayaran meliputi kapan

serta bagaimana pembayaran pada pihak yang terlibat dalam proyek akan dilakukan seperti berdasarkan progress, waktu ataupun pencapaian tertentu. Jadwal pembayaran akan membantu dalam pengelolahan keuangan proyek.

e. Kebijakan perubahan: Menjelaskan prosedur yang akan diambil apabila terjadi perubahan pada rencana awal, termasuk prosedur perubahan biaya. Unsur ini meliputi cara bagaimana melaporkan perubahan yang ada, persetujuan yang dilakukan, serta dalmpak yang akan terjadi baik secara finansial maupun sumber daya pada perubahan tersebut. Kebijakan perubahan akan membantu dalam menghindari permasalahan serta ketidakpastian yang akan terjadi pada proyek.

Tujuan dari perhitungan rencana anggaran biaya adalah untuk menunjukan jumlah biaya yang dibutuhkan dalam proyek konstruksi, mengawasi dan mengontrol pengeluaran yang ada, mencegah terjadinya keterlambatan proyek dan mengurangi pemborosan biaya yang bisa terjadi saat pelaksanaan proyek konsttuksi. Biaya adalah jumlah dari hasil perkiraan volume masing masing pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan yang terdapat dalam proyek.

Menurut Arum (2018), Rencana Anggaran Biaya (RAB) memerlukan perhatian khusus karna akan berdampak pada biaya proyek itu sendiri. RAB biasanya akan dijadikan dalam acuan terhadap biaya yang akan dikeluarkan untuk pembangunan proyek. Dalam perhitungan atau penaksiran biaya pelaksanaan biasanya berdasarkan gambar-gambar dan spesifikasi yang ada, meliputi:

a. Metode Unit (satuan)

Merupakan metode dengan harga tunggal yang berdasarkan kepada persamaan fungsional dari proyek yang akan dilaksanakan. Seperti contohnya yaitu

menghitung biaya per meter panjang saluran drainase, biaya per unit yang ada, ataupun biaya per barang tertentu berdasarkan ukuran unit yang spesifik.

b. Metode Luas

Merupakan perkiraan biaya yang berdasarkan luas bangunan yang akan dibangun dengan beracuan pada bangunan yang mempunyai kemiripan pada pekerjaannya. Metode ini dipakai untuk pekerjaan yang berkaitan dengan bidang permukaan seperti melakukan pemasangan lantai maupun pengecatan dinding.

c. Metode Kubik

Merupakan metode harga satuan yang berdasarkan terhadap biaya per meter kubik dari proyek yang akan dibangun, seperti menghitung biaya pengecoran beton ataupun penggalian tanah berdasarkan dari volume yang dilakukan.

d. Metode *Bill of Quantity*

Merupakan metode yang paling teliti dibandingkan dengan metode lainnya karena menggunakan perkiraan harga satuan pekerjaan, namun memerlukan informasi yang lengkap dan jelas. Metode ini dibentuk berdasarkan gambar rencana serta spesifikasi proyek dan setiap komponen pekerjaan dijelaskan secara detail seperti jenis bahan, harga per satuan, total biaya dan kuantitasnya.

2.3 Optimasi Biaya Proyek

Menurut Sharmistha Chatterjee (2019), Optimasi biaya proyek merupakan sebuah metode pengelolaan proyek yang bertujuan untuk mengurangi pengeluaran proyek secara efektif tanpa menurunkan kualitas dan kinerja proyek. Selama proses optimasi biaya, semua biaya proyek akan dianalisis secara menyeluruh dan dipertimbangkan cara untuk menguranginya tanpa mengorbankan hasil akhir dari

proyek tersebut. Tujuan utama dari optimasi biaya proyek adalah untuk mencapai efisiensi biaya yang tinggi tanpa mengorbankan kualitas proyek atau memberikan dampak negatif pada kinerja proyek secara keseluruhan.

Optimasi biaya dalam konteks proyek konstruksi merujuk pada proses terstruktur untuk mengatur dan mengelola pengeluaran guna mencapai efisiensi tinggi dalam menyelesaikan proyek, tanpa mengabaikan kualitas dan tujuan utama dari proyek tersebut. Tujuan utama dari optimasi biaya adalah mencapai hasil akhir yang optimal dengan memanfaatkan sumber daya secara efisien, sehingga menghindari pemborosan dan pengeluaran yang berlebihan.

Proses optimasi biaya melibatkan serangkaian langkah dan tindakan yang dilakukan oleh tim proyek, termasuk perencana, manajer proyek, dan ahli teknis, guna memastikan setiap pengeluaran memiliki dampak positif dan memberikan nilai tambah pada proyek secara keseluruhan. Proses ini meliputi analisis mendalam terhadap berbagai aspek yang dapat memengaruhi biaya, seperti perencanaan, desain, pengadaan material, manajemen tenaga kerja, serta pengawasan dan pemantauan selama pelaksanaan proyek.

Langkah pertama dalam optimasi biaya adalah memahami tujuan dan kebutuhan proyek secara mendalam. Dengan pemahaman yang baik, tim proyek dapat mengidentifikasi elemen yang krusial dan memberikan prioritas pada pengeluaran yang memiliki dampak positif terbesar terhadap pencapaian tujuan proyek. Selanjutnya, tim proyek melakukan analisis komprehensif terhadap berbagai alternatif yang ada, termasuk dalam hal pemilihan material, metode pelaksanaan, serta teknologi yang akan digunakan.

Salah satu faktor penting dalam optimasi biaya adalah pemilihan material yang sesuai. Tim proyek harus mempertimbangkan pilihan material yang beragam dan menentukan material yang paling cocok dengan kebutuhan proyek. Sebagai contoh, dalam konteks saluran drainase, pemilihan material seperti buis beton tanpa tulangan, pipa baja, atau pipa *corrugated steel pipe* (CSP) dapat berpengaruh signifikan terhadap biaya. Evaluasi material harus mencakup tidak hanya biaya awal, tetapi juga faktor lain seperti masa pakai, ketahanan terhadap lingkungan, dan kebutuhan perawatan.

Metode pelaksanaan juga memiliki peran penting dalam optimasi biaya. Mengidentifikasi metode yang lebih efisien dan efektif dalam melaksanakan pekerjaan dapat membantu mengurangi biaya dan waktu proyek. Penggunaan teknologi mutakhir, alat yang tepat, dan manajemen yang cermat dapat mendukung optimalisasi penggunaan sumber daya.

Selain itu, perencanaan yang matang menjadi kunci dalam optimasi biaya. Dengan rencana yang jelas dan terperinci, risiko perubahan atau penyimpangan selama pelaksanaan dapat diminimalkan. Pengelolaan risiko yang efektif akan membantu menghindari biaya tambahan yang tak terduga.

Namun, perlu ditekankan bahwa optimasi biaya bukanlah tentang memotong pengeluaran secara tidak diperhitungkan yang dapat mengorbankan kualitas atau keselamatan proyek. Keputusan harus tetap mempertimbangkan aspek teknis, kepatuhan terhadap regulasi dan standar, serta memenuhi kebutuhan proyek. Oleh karena itu, kerja sama yang solid antara semua pihak yang terlibat dalam proyek, termasuk pemilik proyek, kontraktor, dan ahli teknis, menjadi sangat penting guna memastikan keberhasilan optimasi biaya.

Dalam era konstruksi yang semakin kompleks dan dinamis, optimasi biaya adalah praktek yang tak terelakkan untuk mencapai tujuan proyek secara efisien dan efektif. Dengan menggabungkan analisis mendalam, pemilihan material dan metode yang tepat, serta perencanaan yang matang, tim proyek dapat meraih hasil akhir yang optimal dari segi biaya tanpa mengorbankan kualitas dan tujuan proyek. Dengan demikian, optimasi biaya tak sekadar mengenai penghematan pengeluaran, melainkan juga menghasilkan nilai tambah sebesar mungkin dari setiap pengeluaran yang dilakukan.

Optimasi biaya proyek dapat dicapai melalui beberapa cara, antara lain:

a. Memberikan perencanaan proyek yang cermat dengan mengidentifikasikan ruang lingkup, tujuan, dan persyaratan proyek supaya tidak terjadi adanya kesalahan yang berujung pada perubahan mahal.
b. Pengelolaan dan pengendalian ruang lingkup dengan cara memasukan setiap perubahan yang terjadi harus dievaluasikan terlebih dahulu dampak terhadap jadwal, biaya, serta hasil yang akan didapatkan melalui proyek tersebut.
c. Merancang desain yang efisien seperti menggunakan material yang cenderung lebih murah tetapi tetap berkualitas dan tidak boros.
d. Melakukan pemantauan secara bertahap dan berkala terhadap progres yang dilalui pada proyek dan biaya yang digunakan supaya teridentifikasi jika terjadi penyimpangan terhadap anggaran dan rencana awal sehingga dapat mengambil cara-cara preventifnya.

e. Mengurangi biaya sumber daya manusia melalui penggunaan teknologi atau otomatisasi dalam pekerjaan. Sehingga dapat meningkatkan produktivitas serta efisiensi dan biaya tenaga kerja suatu proyek.
f. Mempercepat waktu penyelesaian proyek, sehingga biaya overhead dapat dikurangi dengan cara konsiderasi terhadap resiko yang ada, mengelola jadwal pelaksanaan yang baik untuk menghindari pemborosan waktu, serta mengelola tenaga kerja dan manajemen sumber daya manusia.
g. Memperbaiki kualitas pekerjaan, sehingga mengurangi biaya perbaikan dan penggantian dalam jangka panjang.
h. Mengurangi biaya material dan pengiriman melalui negosiasi dengan pemasok atau memilih pemasok alternatif yang lebih murah.

2.4 Nilai (*Value*)

Menurut *SAVE International* (2020), nilai dapat diartikan sebagai perbandingan antara manfaat yang diharapkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk mencapai manfaat tersebut. Nilai dapat diukur dalam tiga dimensi, yaitu teknis, fungsional, dan estetika. Dimensi teknis terkait dengan performa teknis produk atau proyek, dimensi fungsional terkait dengan kemampuan produk atau proyek memenuhi kebutuhan dan keinginan pengguna, dan dimensi estetika terkait dengan nilai-nilai keindahan dan tampilan produk atau proyek.

Menurut Siti Mariyah dan Dwita Sari (2020), menyatakan bahwa nilai proyek konstruksi merupakan parameter penting dalam keberhasilan proyek. Penilaian nilai proyek tidak hanya meliputi aspek finansial, tetapi juga kualitas, waktu, dan lingkungan. Penilaian nilai proyek dilakukan dengan berbagai metode,

seperti analisis nilai, analisis biaya dan manfaat, analisis risiko, dan analisis lingkungan. Metode-metode tersebut membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi nilai proyek dan memberikan solusi untuk meningkatkan nilai proyek secara efektif.

Pengendalian perubahan nilai proyek juga sangat penting dalam menjaga keberhasilan proyek. Perubahan nilai proyek dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti perubahan desain, perubahan kondisi lapangan, dan perubahan kebijakan pemerintah. Oleh karena itu, manajemen proyek harus melakukan pengendalian perubahan nilai proyek dengan mempertimbangkan dampak perubahan tersebut terhadap jangkauan, waktu, biaya, dan kualitas proyek secara keseluruhan.

Dari penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa nilai pada proyek konstruksi di Indonesia meliputi aspek finansial, kualitas, waktu, dan lingkungan. Metode-metode seperti analisis nilai, analisis biaya dan manfaat, analisis risiko, dan analisis lingkungan dapat digunakan untuk menilai nilai proyek dan memberikan solusi untuk meningkatkan nilai proyek secara efektif. Penting untuk melakukan pengendalian perubahan nilai proyek agar keberhasilan proyek tetap terjaga.

Pentingnya pendekatan holistik terhadap nilai proyek konstruksi melibatkan integrasi aspek keuangan, kualitas, waktu dan lingkungan. Analisis nilai memberikan wawasan tentang unsur-unsur proyek yang berkontribusi pada pencapaian tujuan. Analisis biaya-manfaat memungkinkan keputusan dibuat berdasarkan penilaian komprehensif dari manfaat dan biaya yang terlibat. Analisis risiko mengidentifikasi potensi ancaman dan peluang yang dapat memengaruhi nilai suatu proyek, sedangkan analisis lingkungan menekankan pentingnya keberlanjutan dalam konteks proyek.

Pentingnya mengendalikan variasi nilai proyek tidak dapat diabaikan. Perubahan desain, kondisi lokasi, atau kebijakan pemerintah dapat berdampak signifikan terhadap kualitas, biaya, dan waktu implementasi. Oleh karena itu, manajemen perubahan harus menjadi bagian integral dari manajemen proyek. Kontrol perubahan harus dilakukan dengan transparansi dan komunikasi yang baik sehingga seluruh tim proyek memahami dampak dan implikasi dari setiap perubahan yang dihadapi.

Dalam konteks proyek konstruksi di Indonesia, penilaian yang cermat dan pengendalian perubahan yang efektif akan membantu pencapaian tujuan proyek secara berkelanjutan. Melanjutkan upaya untuk menambah nilai proyek akan membantu meningkatkan kualitas infrastruktur dan lingkungan binaan, serta membawa manfaat positif bagi masyarakat secara keseluruhan. Oleh karena itu, pendekatan nilai proyek yang matang harus menjadi prioritas pada setiap tahap perencanaan, pelaksanaan, dan pemantauan proyek konstruksi.

2.5 Biaya (*Cost*)

Dalam penelitian oleh Al-Ghafri dan Arif (2016), menyebutkan bahwa biaya merupakan salah satu faktor penting dalam proyek konstruksi yang harus dikelola dengan baik agar proyek dapat berhasil sesuai dengan rencana sebelumnya. Ada dua jenis biaya dalam proyek konstruksi, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung terkait dengan aktivitas atau pekerjaan dalam proyek, sementara biaya tidak langsung tidak langsung terkait dengan aktivitas atau pekerjaan dalam proyek. (Hafnidar,2022)

Selain itu, biaya juga dapat diklasifikasikan menjadi biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap adalah biaya yang tidak berubah seiring dengan perubahan volume produksi atau aktivitas dalam proyek, sedangkan biaya variabel berubah seiring dengan perubahan volume produksi atau aktivitas dalam proyek. Untuk mengelola biaya dalam proyek konstruksi, dapat digunakan teknik seperti analisis biaya dan manfaat, analisis nilai, dan manajemen nilai.

Manajemen biaya yang efektif sangat penting dalam proyek konstruksi karena dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proyek serta membantu menghindari pemborosan dan memastikan keberhasilan proyek sesuai dengan rencana sebelumnya. Oleh karena itu, penting bagi para manajer proyek untuk memperhatikan manajemen biaya agar proyek dapat berjalan dengan baik dan efisien.

Biaya konstruksi memiliki kepentingan yang signifikan dalam konteks proyek konstruksi. Berikut adalah beberapa alasan mengapa biaya konstruksi penting:

a. Perencanaan Anggaran: Biaya konstruksi sangat penting dalam perencanaan anggaran proyek. Estimasi yang akurat memungkinkan pemilik proyek dan pengembang untuk mengalokasikan dana dengan tepat, membuat keputusan yang baik, dan menghindari keterlambatan atau kekurangan dana selama proses konstruksi.

b. Pengendalian Keuangan: Biaya konstruksi juga berperan penting dalam pengendalian keuangan proyek. Melalui pemantauan dan pengelolaan biaya secara cermat, tim manajemen proyek dapat mengidentifikasi dan mengatasi

penyimpangan anggaran, menghindari pemborosan, dan menjaga proyek tetap sesuai dengan sumber daya keuangan yang tersedia.

c. Pengambilan Keputusan: Informasi biaya konstruksi membantu para pemangku kepentingan untuk mengambil keputusan yang tepat sepanjang siklus proyek. Dengan memiliki pemahaman yang baik tentang biaya yang terlibat dalam berbagai pilihan desain, metode konstruksi, atau bahan yang digunakan, keputusan dapat diambil berdasarkan keseimbangan antara kualitas, efisiensi, dan biaya.

d. Evaluasi Kinerja: Biaya konstruksi juga digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi kinerja proyek. Dengan membandingkan biaya aktual dengan perkiraan awal, tim proyek dapat mengukur efektivitas estimasi biaya, mengidentifikasi penyimpangan, dan melakukan tindakan perbaikan untuk proyek-proyek masa depan.

e. Prioritas Pembiayaan: Biaya konstruksi memainkan peran penting dalam menentukan prioritas pembiayaan untuk setiap aspek proyek. Dengan memiliki pemahaman yang jelas tentang perkiraan biaya untuk masing-masing elemen proyek, pemilik proyek dan pengembang dapat mengalokasikan sumber daya keuangan secara proporsional. Ini membantu dalam menghindari ketidakseimbangan alokasi dana yang dapat mempengaruhi kemajuan keseluruhan proyek.

f. Pengukuran Efisiensi: Informasi biaya konstruksi memberikan dasar untuk mengukur efisiensi dalam penggunaan sumber daya, termasuk tenaga kerja, bahan, dan waktu. Dengan membandingkan biaya dengan hasil yang dicapai, tim proyek dapat mengidentifikasi area-area di mana penghematan dapat

dicapai tanpa mengorbankan kualitas atau tujuan proyek. Hal ini mendorong pencarian solusi yang lebih efektif dan ekonomis.

g. Penyusunan Rencana Kontingensi: Estimasi biaya yang akurat membantu dalam menyusun rencana kontinjensi yang efektif. Dalam menghadapi risiko atau perubahan tak terduga, memiliki pemahaman yang jelas tentang biaya konstruksi memungkinkan tim proyek untuk merencanakan cadangan dana yang sesuai. Ini membantu dalam mengatasi tantangan yang mungkin muncul selama pelaksanaan proyek tanpa mengganggu kelancaran kegiatan.

h. Negosiasi Kontrak: Informasi biaya konstruksi menjadi dasar yang kuat dalam negosiasi kontrak dengan pihak-pihak terkait, seperti subkontraktor, pemasok, dan tenaga kerja. Dengan memiliki data yang akurat tentang biaya, tim proyek dapat berdiskusi dan menegosiasikan persyaratan kontrak yang realistis dan adil, serta meminimalkan risiko konflik atau perbedaan pandangan di kemudian hari.

i. Pelaporan dan Transparansi: Biaya konstruksi memberikan landasan untuk pelaporan yang akurat dan transparan kepada semua pihak yang terlibat dalam proyek. Informasi yang jelas dan terperinci tentang biaya memungkinkan pemilik proyek, manajemen, dan pemangku kepentingan lainnya untuk memahami perkembangan proyek, mengidentifikasi potensi perubahan, dan membuat keputusan yang terinformasi.

2.6 Fungsi (*Function*)

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), fungsi merujuk pada kegunaan atau tujuan dari suatu benda, perbuatan, atau peristiwa. Dalam konteks proyek

konstruksi, fungsi dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu fungsi bangunan, fungsi teknis, dan fungsi lingkungan. Fungsi bangunan mencakup tujuan atau kegunaan dari bangunan yang dibangun, seperti gedung perkantoran sebagai tempat kerja bagi karyawan perusahaan dan gedung sekolah sebagai tempat belajar bagi siswa. Fungsi teknis mencakup tujuan atau kegunaan dari aspek teknis dalam proyek konstruksi, seperti jembatan sebagai penghubung antara dua wilayah yang dipisahkan oleh sungai atau lembah.

Fungsi yang jelas dan terdefinisi dengan baik sangat penting dalam memastikan keberhasilan proyek konstruksi. Fungsi harus didefinisikan sejak awal proyek dan diperbarui secara berkala selama proses pembangunan. Hal ini akan memastikan bahwa proyek akan memenuhi tujuan dan kebutuhan pengguna serta mencegah kegagalan atau bahkan membahayakan keselamatan penggunanya.

Fungsionalitas lingkungan mencakup dampak dan interaksi proyek terhadap lingkungan sekitar. Ini menyangkut aspek keberlanjutan, konservasi alam dan dampak sosial dari proyek. Dalam hal ini, fungsi lingkungan hidup dapat meliputi perlindungan ekosistem setempat, pengelolaan limbah, penggunaan energi secara efisien, dan peningkatan kualitas hidup masyarakat setempat.

Memahami dan menyajikan fungsi-fungsi ini secara jelas dan terperinci sangat penting pada setiap tahap proyek konstruksi. Fungsi-fungsi ini membentuk dasar untuk perencanaan, desain, dan implementasi proyek secara keseluruhan. Kejelasan fungsionalitas ini memungkinkan tim proyek untuk mengarahkan upaya mereka dengan sengaja, menghindari penyimpangan yang tidak diinginkan, dan memaksimalkan hasil proyek yang positif.

Selain itu, pemahaman menyeluruh tentang fungsi proyek dapat membantu pemangku kepentingan mengukur keberhasilan proyek secara lebih efektif. Tinjauan kinerja semua aspek fungsi di akhir proyek akan memberikan gambaran tentang pencapaian tujuan dan dampak yang diinginkan.

Untuk meningkatkan pemahaman fungsi dalam proyek konstruksi, ada baiknya menggunakan tutorial dan dokumen seperti buku-buku yang telah disebutkan sebelumnya. Memanfaatkan sumber daya ini dapat membantu para profesional lebih efektif dalam menentukan, merencanakan, dan mengevaluasi fungsi proyek, memastikan bahwa proyek konstruksi mencapai hasil yang diinginkan sesuai dengan spesifikasi, penggunaan, dan kebutuhan mereka.

2.7 Analisis Pareto

Diagram pareto adalah metode pengerjaan untuk mengelola dan mengetahui kesalahan, masalah dan cacat sehingga bisa memfokuskan pada usaha penyelesaian masalah yang ada (Sunarto,2020). Penggunaan diagram pareto adalah sebagai berikut:

a. Pada saat menganalisis data yang berkaitan dengan masalah atau penyebab suatu kegiatan. Data ini dapat berupa pengamatan, pengukuran atau laporan kegiatan yang dinilai.

b. Pada saat ingin mengidentifikasi masalah atau penyebab yang paling berpengaruh atau penting. Bagan pareto membantu menggambarkan proporsi relatif dari setiap masalah atau penyebab sehingga dapat melihat dengan jelas masalah mana yang memiliki dampak terbesar.

c. Pada saat melakukan analisis jumlah penyebab yang berkontribusi pada pekerjaan atau aktivitas tertentu. Ini membantu untuk mengidentifikasi faktor kunci yang mempengaruhi hasil atau kinerja.

d. Pada saat menyediakan visualisasi yang jelas dan mudah dipahami tentang distribusi relatif masalah atau penyebab berdasarkan data yang dimiliki. Hal ini memungkinkan pemangku kepentingan untuk lebih memahami situasi dan masalah saat ini.

Menurut Sunarto (2020) pekerjaan pareto menunjukan jika 80% permasalahan merupakan efek dari penyebab yang hanya 20%. Disebut juga dengan konsep 80/20 yang dipopulerkan oleh Joseph M. Juran. Fungsi dari diagram pareto sebagai berikut:

a. Membantu memperhatikan permasalahan utama yang akan ditangani dan mencari solusi.

b. Mengetahui solusi dari masalah yang ada.

Diagram pareto berfungsi untuk bisa menganalisa permasalahan dan cacat yang ada dan berpengaruh besar pada keseluruhan pekerjaan. Setelah menemukan permasalahan utama pada pekerjaan, kemudian dapat dianalisa dan digunakan untuk pembuatan diagram sebab akibat.

Diagram pareto merupakan gambaran yang dibuat untuk mengurutkan pekerjaan dari yang terbesar hingga terkecil dalam bentuk grafik. Sehingga dapat ditemukan permasalahan yang utama dari yang paling atas untuk diselesaikan terlebih dahulu. Diagram pareto juga menganalisis pengaruh dari permasalahan

mulai dari kualitas dan memberikan arahan pada pengalokasian sumber daya yang ada untuk menyelesaikan masalah.

Bagan pareto adalah bagan terdiri dari diagram batang dan diagram garis. Terdapat beberapa poin penting pada bagan pareto antara lain:

a. Diagram garis menjukan total data kumulatif. Diagram batang menunjukan klasifikasi dan nilai.

b. Pareto diurutkan berdasarkan *ranking*, *ranking* tertinggi menunjukan masalah utama sedangkan *ranking* terendah adalah masalah yang tidak diutamakan. Data yang ada diurutkan mulai dari kanan ke kiri berdasarkan urutan *ranking* tertinggi hingga terendah.

c. Pada prinsip bagan pareto, disesuaikan dengan hukum Pareto yang didasarkan pada 80% permasalahan yang berasal dari persentase permasalahan (20%).

d. Mengidentifikasi yang 20% berupa masalah utama atau vital (*vital few*) untuk menjadikan 80% penyelesaian secara menyeluruh.

e. Pemimpin perlu fokus pada 20% masalah vital untuk bisa dicari solusi pada 80% yang ada.

Pembuatan pareto juga memiliki beberapa prosedur penting untuk diperhatikan. Prosedur pembuatan diagram pareto terdapat sembilan langkah Langkah-langkah pembuatan diagram pareto adalah sebagai berikut:

a. Menentukan pekerjaan yang digunakan untuk bisa dikelompokan dengan melakukan identifikasi dan pilih kategori atau pekerjaan yang akan dianalisis. Pekerjaan ini harus dapat dikelompokkan atau diurai menjadi elemen-elemen yang dapat diukur atau dihitung.

b. Menentukan pengukuran yang sesuai untuk setiap kategori pekerjaan. Pengukuran dapat berupa frekuensi, kuantitas, biaya, atau waktu, tergantung pada tujuan analisis.

c. Penting untuk menentukan periode waktu pengamatan yang relevan untuk mengumpulkan data yang diperlukan. Ini dapat berupa waktu harian, mingguan, bulanan, atau periode lainnya, tergantung pada karakteristik pekerjaan yang sedang diobservasi.

d. Mengumpulkan data yang berkaitan dengan pengukuran yang telah ditentukan. Data ini harus mencakup informasi yang relevan untuk setiap kategori pekerjaan yang dipilih.

e. Membuat check sheet untuk untuk mencatat data yang diinginkan. *Check sheet* membantu dalam mengorganisasi dan merangkum data dengan lebih terstruktur. Pada *check sheet*, catat pengukuran yang telah ditentukan untuk setiap kategori pekerjaan.

f. Menentukan jumlah kumulatif frekuensi masing-masing item dan hitung pula persentase frekuensi kumulatifnya masing-masing item. Hitung persentase untuk setiap kategori: subtotal untuk kategori itu dibagi dengan total untuk semua kategori.

g. Melakukan pengurutan data yang ada dalam *check sheet*. Urutan yang ada mulai dari yang tertinggi hingga terendah. Dan dibuat gradik yang terdiri dari nilai dan persentase kumulatif.

h. Menambahkan sumbu vertikal di kanan grafik. Kemudian beri label persentase kumulatif sedangkan yang kiri nilai frekuensi.

i. Menghitung dan mengambarkan jumlah kumulatif: Tambahkan subtotal untuk yang pertama dan kedua kategori, dan tempatkan sebuah titik di atas bilah kedua yang menunjukkan jumlah itu. Untuk itu jumlahkan subtotal untuk kategori ketiga, dan tempatkan sebuah titik di atas bilah ketiga untuk jumlah baru itu. Lanjutkan proses untuk semua bar. Hubungkan titik-titik, mulai dari bagian atas bilah pertama. Titik terakhir harus mencapai 100 persen pada skala yang tepat.

2.8 Tahapan Optimasi Biaya

Optimasi biaya proyek merupakan hal yang penting dalam penghematan biaya. Tahapan optimasi biaya merujuk pada proses terstruktur yang bertujuan untuk mencari dan mengimplementasikan solusi-solusi yang menghasilkan pengurangan biaya dalam suatu proyek, operasi, atau aktivitas bisnis. Tujuan utama dari tahapan ini adalah mencapai efisiensi dalam pengeluaran dengan tetap menjaga kualitas dan tujuan yang telah ditetapkan. Optimasi biaya melibatkan analisis yang mendalam terhadap elemen-elemen biaya yang terlibat dalam suatu kegiatan, serta pencarian cara-cara untuk mengurangi pengeluaran tanpa mengorbankan hasil akhir. Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan optimasi biaya yaitu:

2.8.1 Tahap Informasi

Tahap informasi merupakan fase awal dalam proses optimasi biaya. Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data dari proyek yang akan mengalami optimasi biaya. Proses pengumpulan data ini bertujuan untuk meraih sebanyak mungkin informasi dari proyek tersebut. Data-data yang diperoleh meliputi detail lengkap mengenai pekerjaan yang akan dilaksanakan serta rencana keseluruhan pelaksanaan proyek.

Informasi ini mencakup rencana anggaran biaya, kurva S, gambar kerja, serta rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).

Dengan data-data yang telah terkumpul, dilakukan identifikasi terhadap berbagai item pekerjaan yang ada dalam proyek. Hasil identifikasi ini memungkinkan untuk mengidentifikasi pekerjaan-pekerjaan yang memiliki potensi untuk mengurangi biaya. Pada akhirnya, tahap ini akan menentukan pekerjaan mana yang dapat dihilangkan atau dioptimalkan biayanya, menjadi fokus utama dalam proses optimasi. Tahap informasi ini menjadi dasar penting untuk langkah-langkah selanjutnya dalam upaya mencapai pengurangan biaya yang efektif dan efisien dalam pelaksanaan proyek.

2.8.2 Tahap Kreatif

Tahap kreatif merupakan langkah berikutnya setelah tahap informasi dalam proses optimasi biaya. Pada tahap ini, inovasi dan kreativitas menjadi komponen utama untuk merancang strategi pengelolaan biaya yang bertujuan mengurangi potensi kehilangan biaya (*loss cost*) tanpa mengorbankan kinerja, kualitas, dan manfaat yang telah direncanakan dalam proyek. Dalam proses ini, pengalaman praktis dan informasi terbaru menjadi panduan dalam menghasilkan berbagai opsi inovatif atau alternatif dalam pelaksanaan pekerjaan. Fokus utama adalah menemukan solusi yang bukan hanya efektif dalam aspek biaya, tetapi juga memberikan nilai tambah dalam jangka panjang.

Langkah pertama adalah pengkajian mendalam, di mana tim proyek menganalisis elemen biaya dan faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi pengeluaran. Ini mencakup pemahaman yang mendalam terhadap rincian biaya, alokasi sumber daya, serta kaitan antara biaya dan hasil yang diharapkan. Tahap

berikutnya adalah eksplorasi inovatif, di mana tim mencari peluang untuk menerapkan inovasi dalam berbagai aspek pekerjaan, termasuk metode pelaksanaan, pilihan material, teknologi baru, dan manajemen risiko. Fokusnya adalah mengidentifikasi solusi yang tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya, tetapi juga memberikan manfaat jangka panjang.

Evaluasi alternatif menjadi langkah penting selanjutnya, di mana tim mengidentifikasi dan mengevaluasi berbagai pilihan yang dihasilkan dari proses kreatif. Setiap alternatif dievaluasi berdasarkan dampaknya pada biaya, kualitas, dan tujuan proyek secara keseluruhan. Tujuan akhirnya adalah memilih solusi terbaik yang mencapai keseimbangan antara efisiensi biaya dan hasil yang diharapkan. Kolaborasi tim juga menjadi kunci dalam proses ini, di mana anggota tim dengan latar belakang dan keahlian yang berbeda berkolaborasi untuk menghasilkan ide-ide inovatif yang komprehensif.

Fleksibilitas dan adaptabilitas juga penting dalam proses kreatif ini. Tim harus siap untuk menyesuaikan solusi atau merumuskannya ulang sesuai dengan perubahan situasi, peraturan, atau kebutuhan yang muncul selama pelaksanaan proyek. Dengan memperhatikan aspek-aspek ini, tahap kreatif dalam optimasi biaya membentuk dasar pengembangan strategi yang cerdas dan efektif dalam mengelola biaya proyek konstruksi, serta memastikan pencapaian tujuan proyek secara efisien. Pada proses kreatif terdapat beberapa aspek yang dapat perhatikan untuk menemukan sebuah inovasi yaitu:

a. Material

Material merupakan hal yang penting dengan seiringya perkembangan bahan-bahan baku dan energi terbarukan. Terdapat banyak jenis material yang fungsinya mirip namun biaya atau harga yang ada berbeda. Hal ini bisa jadi pertimbangan. Sehingga bisa dijadikan alternatif pengganti dengan harga yang lebih rendah.

b. Metode pelaksanaan

Metode pelaksanaan juga mempengaruhi biaya pada proyek konstruksi. Lokasi proyek, kemajuan teknologi dan waktu menjadi faktor pembeda dalam menentukan metode pelaksanaan proyek konstruksi. Dalam penerapannya dapat juga diperhatikan metode konstruksinya agar bisa didapat biaya yang paling baik untuk menyelesaikan proyek dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang ada. Maka metode pelaksanaan dapat dirancang beberapa alternatif, karena semakin singkat waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan dengan peralatan yang optimal, maka semakin kecil pula biaya yang dikeluarkan.

c. Waktu pelaksanaan

Setiap pekerjaan pada sebuah proyek terdapat jadwal pelaksanaan yang ada di perencanaan *time schedule*. Untuk beberapa item pekerjaan yang memiliki bobot pekerjaan yang tetap, waktu pelaksanaan pekerjaan dapat dikurangi. Banyak cara yang dilakukan untuk mewujudkan hal tersebut, di antaranya dengan menambah jumlah tenaga kerja dan lain-lain. Dengan demikian, alternatif pengurangan waktu pelaksanaan dapat dijadikan suatu alternatif, dalam analisis untuk optimasi biaya.

2.8.3 Tahap Analisis

Selanjutnya akan ada tahap analisis, alternatif-alternatif yang dihasilkan pada tahap kreatif dibahas lebih jauh pada tahap analisis. Serangkaian analisis yang dilakukan atas setiap alternatif yang dihasilkan tersebut bertujuan untuk:

a. Melakukan review dan kritik. Selama tahap analisis, alternatif yang dihasilkan dari tahap pembangkitan dievaluasi lebih lanjut. Ini melibatkan pemeriksaan kritis setiap alternatif untuk memahami pro dan kontra. Penilaian ini membantu mengidentifikasi hal-hal positif yang dapat dipertahankan serta kekurangan yang perlu diatasi.

b. Memperkirakan nilai rupiah setiap alternatifnya. Selanjutnya, setiap alternatif akan dianalisis dari segi nilai rupiah atau biaya yang terkait. Ini mencakup penghitungan perkiraan biaya yang akan dikeluarkan untuk mengimplementasikan masing-masing alternatif. Perhitungan ini membantu dalam membandingkan implikasi finansial dari setiap pilihan dan membantu dalam pengambilan keputusan yang berdasarkan pertimbangan ekonomi.

c. Mengidentifikasi alternatif yang paling hemat biaya tanpa mengorbankan kualitas, kinerja, dan keandalan. Ini melibatkan pertukaran antara profitabilitas dan kualitas atau kinerja yang memuaskan. Alternatif dengan potensi penghematan biaya terbesar yang masih memenuhi standar kualitas diharapkan menjadi pilihan yang lebih disukai.

Pada tahap analisis ini akan didiperhatikan hasil dari inovasi yang dibuat, sehingga layak untuk digunakan dan dijadikan sebuah pengganti untuk rencana

awal. Pada tahap analisis perlu perhatian khusus agar tidak terjadi pengurangan nilai pada proyek tersebut, mulai dari kualitas, manfaat dan biaya yang dikeluarkan.

2.8.4 Tahap Rekomendasi

Tahap akhir dari proses optimasi biaya adalah tahap rekomendasi, di mana usulan alternatif yang telah disusun akan dipresentasikan dan direkomendasikan bersama dengan landasan pertimbangannya. Pada tahap ini, hasil analisis yang telah dihasilkan akan disajikan untuk pengambilan keputusan, dan diserahkan kepada pihak yang berwenang untuk memilih di antara alternatif yang telah diidentifikasi.

Tahap rekomendasi merupakan langkah penutup dari seluruh rangkaian proses. Setelah alternatif terbaik telah ditentukan oleh tim analisis melalui tahap analisis sebelumnya, langkah berikutnya adalah tahap rekomendasi. Dalam tahap ini, rekomendasi akan diajukan kepada pemilik proyek mengenai alternatif terbaik berdasarkan pertimbangan biaya dan aspek teknis.

Proses rekomendasi ini melibatkan penjelasan mendalam tentang langkah-langkah yang perlu diambil untuk mengimplementasikan solusi yang direkomendasikan. Rekomendasi dapat mencakup informasi tentang perubahan-perubahan desain yang diperlukan, pengenalan metode produksi baru yang lebih efisien, atau penerapan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi. Dengan tahap rekomendasi ini, kesimpulan dari analisis biaya dan teknis akan disajikan secara komprehensif, membantu para pemangku kepentingan untuk membuat keputusan yang terinformasi dan optimal untuk proyek yang sedang dijalankan.

2.9 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Analisis harga satuan pekerjaan merupakan suatu langkah menghitung dan mengevaluasi biaya yang diperlukan guna menjalankan suatu tugas pembangunan atau proyek tertentu berdasarkan unit pekerjaan yang telah ditentukan sebelumnya. Sasaran utama dari analisis harga satuan pekerjaan adalah mendapatkan estimasi biaya yang tepat dan menyeluruh untuk setiap bagian pekerjaan dalam proyek pembangunan (Sutadi,2012). Proses ini berperan dalam menyusun anggaran, memberikan tawaran dalam tender, dan mengawasi pengeluaran selama pengerjaan proyek. Analisis harga satuan pekerjaan perlu dikerjakan secara detail dan menyeluruh sehingga pembiayaan menjadi lebih akurat. Analisis ini dapat diproses menggunakan cara manual maupun menggunakan bantuan perangkat lunak.

Tahapan analisis harga satuan pekerjaan memiliki peranan signifikan dalam pengelolaan proyek konstruksi dengan tujuan mendapatkan proyeksi biaya yang presisi dan rinci. Setiap jenis tugas atau komponen dalam konteks proyek konstruksi memiliki nilai satuan yang menjadi patokan standar untuk menilai biaya pelaksanaannya. Nilai satuan ini mencakup elemen biaya beragam, termasuk bahan, upah pekerja, peralatan, beban operasional, dan margin keuntungan. Dengan mengidentifikasi serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi nilai satuan, tim proyek mampu melakukan perhitungan terperinci untuk mengestimasi total biaya proyek secara komprehensif.

Salah satu elemen penting dalam analisis harga satuan ialah penilaian terhadap harga bahan. Material-material yang terlibat dalam pekerjaan konstruksi memiliki harga berbeda tergantung jenis, mutu, dan kuantitas yang dibutuhkan. Faktor lain yang berperan signifikan adalah ongkos tenaga kerja, melibatkan upah

para pekerja serta total jam kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah tugas. Penghitungan biaya pekerjaan harus memperhitungkan keterampilan dan tingkat kesulitan dari pekerjaan tersebut.

Perhitungan harga satuan juga terkait dengan penggunaan peralatan. Biaya sewa, pemeliharaan, dan operasional peralatan yang diperlukan dalam pekerjaan konstruksi juga memengaruhi nilai satuan. Biaya-biaya administratif dan lainnya, yang meliputi pengeluaran kantor dan asuransi, juga menjadi faktor overhead yang perlu dipertimbangkan dalam perhitungan.

Penentuan tingkat keuntungan juga menjadi faktor yang tidak bisa diabaikan. Keuntungan ini merupakan tambahan nilai pada harga satuan sebagai kompensasi atas risiko dan usaha yang diambil oleh kontraktor atau pihak yang melaksanakan pekerjaan. Penting untuk mempertimbangkan tingkat keuntungan yang realistis agar proyek tetap menarik bagi pihak yang terlibat.

Proses analisis harga satuan dimulai dengan mengumpulkan data yang akurat dan mutakhir terkait harga-harga komponen yang diperlukan dalam proyek. Tim proyek harus secara aktif memantau fluktuasi harga bahan, upah tenaga kerja, dan biaya peralatan yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek. Data-data ini digunakan sebagai dasar untuk menghitung harga satuan tiap jenis pekerjaan.

Pada praktiknya, analisis harga satuan dapat melibatkan berbagai metode dan pendekatan. Pendekatan yang lazim digunakan mencakup analisis historis, dimana data dari proyek sebelumnya dijadikan acuan, dan analisis pasar, yang mengandalkan harga-harga bahan dan jasa dari sumber yang terpercaya. Pilihan teknik konstruksi dan metode pelaksanaan juga dapat mempengaruhi harga satuan, sehingga diperlukan perhitungan yang cermat.

Hasil dari analisis harga satuan berupa daftar harga satuan untuk tiap jenis tugas atau komponen dalam proyek. Daftar ini digunakan sebagai panduan dalam menyusun proyeksi biaya keseluruhan. Estimasi biaya yang tepat dan terperinci menjadi kunci dalam perencanaan yang akurat, pengajuan anggaran, serta pengawasan dan pengendalian biaya selama pelaksanaan proyek.

Dalam kerangka pengawasan biaya proyek, analisis harga satuan juga memiliki peranan penting. Selama proyek berjalan, tim proyek dapat memantau pengeluaran aktual dengan nilai satuan yang telah ditetapkan. Perbedaan antara biaya aktual dan estimasi harga satuan dapat memberikan indikasi apakah proyek mengalami penyimpangan dari rencana awal. Ketika terjadi penyimpangan yang signifikan, tindakan korektif dapat diambil untuk mencegah melampaui anggaran yang telah ditetapkan.

Pada kesimpulannya, analisis harga satuan pekerjaan menjadi tahap penting dalam pengelolaan proyek konstruksi yang melibatkan penetapan nilai satuan untuk tiap komponen pekerjaan. Dengan melalui proses yang terstruktur dan akurat, estimasi biaya proyek dapat dihasilkan untuk mendukung perencanaan, pengawasan, serta pengendalian biaya yang efisien. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi nilai satuan dan melakukan pembaruan data secara berkala, tim proyek dapat memastikan bahwa estimasi biaya yang dihasilkan memberikan pandangan yang lebih jelas dan akurat mengenai kebutuhan finansial dalam proyek konstruksi. Beberapa aspek penting yang perlu mendapatkan perhatian adalah sebagai berikut:

a. Pemecahan Pekerjaan menjadi Unit Satuan yang dapat diukur, seperti volume, luas, atau jumlah setiap unitnya. Dalam proyek konstruksi, terdapat berbagai jenis komponen yang memerlukan penilaian khusus, seperti pengecatan atau pemasangan keramik.

b. Setiap unit pekerjaan akan diberikan harga satuan yang mencakup elemen-elemen seperti bahan, peralatan, overhead, keuntungan, dan biaya tenaga kerja. Penentuan harga satuan ini mengacu pada data aktual harga bahan dan upah tenaga kerja, serta mempertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi biaya.

c. Proses berikutnya adalah penyusunan daftar harga satuan yang mencakup berbagai jenis pekerjaan atau komponen dalam proyek. Hal ini dilakukan oleh tim proyek atau perusahaan dengan cermat dan berdasarkan pengetahuan yang mendalam.

d. Estimasi biaya proyek dilakukan dengan menghitung total biaya untuk setiap jenis pekerjaan atau komponen dalam proyek. Ini dilakukan dengan mengalikan harga satuan dengan jumlah unit pekerjaan atau komponen yang diperlukan.

e. Tahap berikutnya adalah perbandingan alternatif pekerjaan atau komponen yang mungkin lebih efisien atau sesuai dengan anggaran dan kebutuhan proyek. Pemilihan dilakukan dengan hati-hati, mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi biaya dan hasil yang diinginkan.

f. Rencana Anggaran Biaya disusun sebagai panduan dalam penganggaran, pelaksanaan, dan pemantauan proyek. Rencana ini membantu mengarahkan

pengeluaran dan memastikan bahwa proyek tetap berada dalam batas anggaran yang telah ditetapkan.

g. Terakhir, perlu dilakukan revisi dan pembaruan terhadap harga bahan, desain, atau kondisi lapangan sesuai dengan estimasi biaya.

2.10 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian serupa yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu mengenai optimasi biaya pada proyek. Penelitian sebelumnya dapat digunakan sebagai acuan dan pembelajaaran untuk bisa melakukan penelitian saat ini. Dari penelitian sebelumnya menunjukan pekerjaan yang dapat dilakukan optimasi biayadan hasil alternatif yang ada. Penelitian sebelumnya dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
1	Radita Aulia Ainayyah & Rhomaita (2022)	Penerapan *Value Engineering* Pada Proyek Jembatan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Progo-Kranggan, CS)	Item Pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan pondasi	Biaya pekerjaan pondasi eksisting memiliki harga sebesar Rp 941.608.142,87. Biaya alternatif pertama sebesar Rp 702.065.255,99 dengan penghematan sebesar 25%

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
2	Harmoko (2016)	Aplikasi *Value Engineering* Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Tebat Gheban Kota Pagar Alam)	Item Pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan pondasi	Pekerjaan struktur desain awal dengan biaya sebesar Rp. 12.759.977.233 biaya alternatif I Rp. 12.751.336.461 dengan penghematan biaya dengan persentase 0,1 %. alternatif II penghematan dengan persentase 3,1 %
3	Khamistan & Mukhsin Syarfii	Rekayasa Nilai Pada Pekerjaan Drainase Kota Banda Aceh Zona 6 Panteriek Banda Aceh	Item Pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan drainase	Alternatif saluran drainase channel yaitu beton bertulang metoda cor ready mix sebesar Rp.1.190.023.559,52,- Biaya penghematan yang didapat sebesar Rp 382.628.694,-
4	Febry Anisya Putri (2020)	Penerapan *Value Engineering* Pada Proyek Peningkatan Jalan (Studi Kasus Jalan Lingkar Timur, Kab. Sidoarjo, Jawa Timus)	Item Pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan drainase, perkerasan *rigid* dan *sheet pile*	Penghematan biaya yang didapatkan sebesar Rp.26.032.346.229,- atau 12,6% dari biaya awal proyek yang sebesar Rp.208.105.921.812,- dan setelah dilakukan rekayasa nilai total biaya proyek menjadi Rp.182.073.575.582,-

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Peneliti (Tahun)	Judul	Fokus Penelitian	Hasil Penelitian
5	Himawan Nur Aredha Putra (2018)	Analisis *Value Engineering* Pada Pondasi Jembatan (Studi Kasus: Proyek Jembatan Kali Cengger Tol Semarang-Solo Ruas Salatigaboyolali Sesi Ampel-Boyolali)	Item Pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan pondasi	Diperoleh biaya alternatif I Rp. 70.472.541.358,00 dengan penghematan sebesar Rp. 268.978.574,00 atau 0,38 % dan biaya pekerjaan alternatif II Rp. 69.406.435.961,00 dengan penghematan sebesar Rp. 1.335.083.971,00 atau 1,88%.

Penelitian terdahulu merupakan upaya untuk bisa membantu dalam mendapatkan pengetahuan baru dan acuan bagi penelitian selanjutnya. Pada bagian ini dicantumkan beberapa hasil penelitian terdahulu terkait dengan penelitian mengenai optimasi biaya dan dibuat ringkasannya. Penelitian terdahulu yang digunakan adalah lima tahun sebelum dari penelitian saat ini. Terdapat beberapa penelitian terdahulu dengan memberikan hasil penghematan biaya pada proyek konstruksi

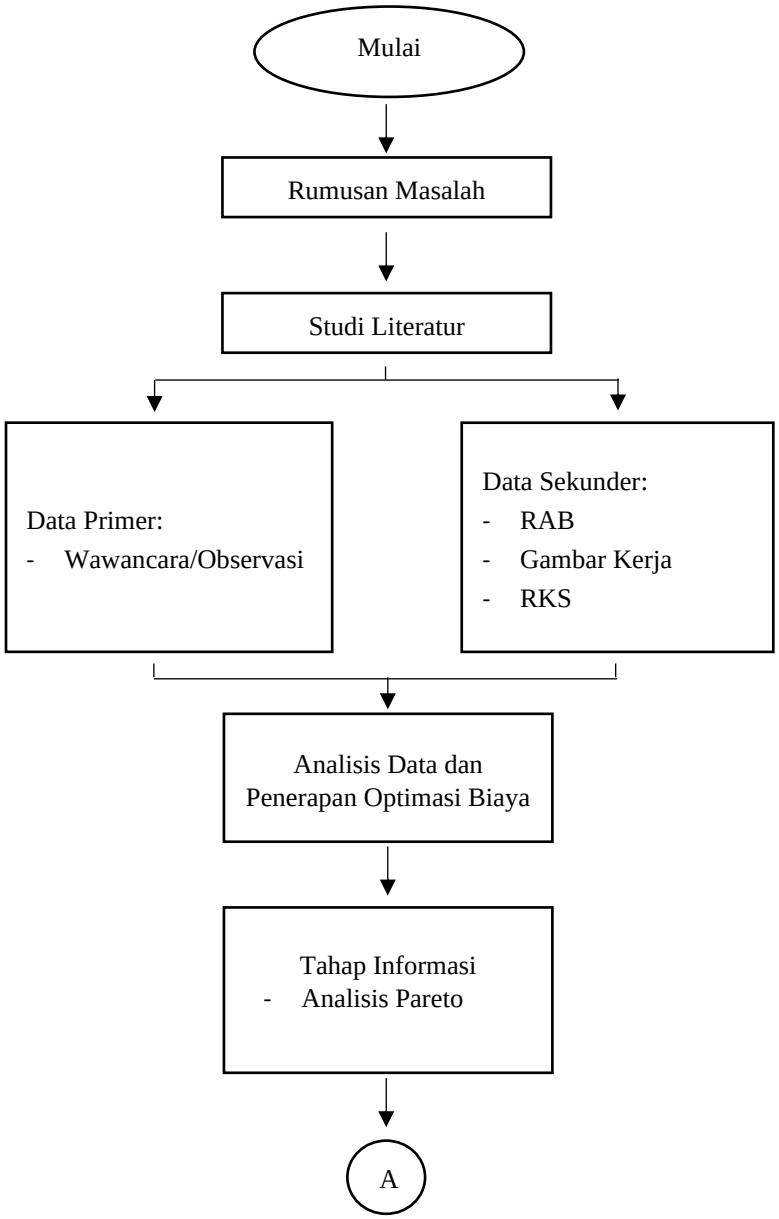
Terdapat beberapa perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan berupa lokasi proyek yang berada di sungai Citarum, objek yang ditinjau yaitu pekerjaan drainase dan gorong-gorong yang ada pada proyek jembatan dan urutan tahapan berupa tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisis dan tahap rekomendasi.

BAB 3

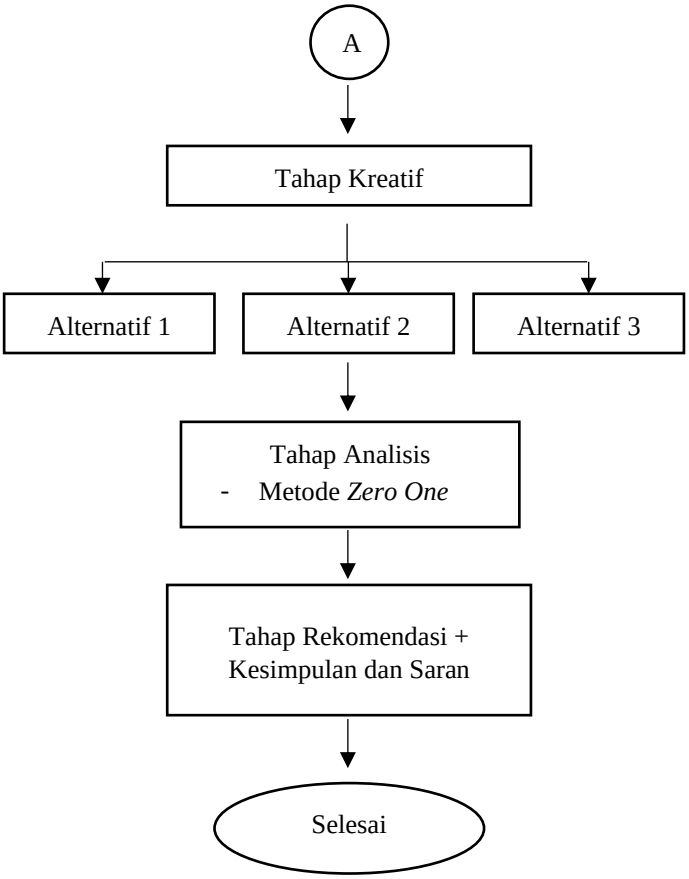
METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Langkah-langkah penelitian dilakukan berdasarkan dengan kerangka penelitian sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian



Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian
(Lanjutan)

3.2 Gambaran umum

Objek dari penelitian ini adalah proyek jembatan yang berlokasi di Sungai Citarum Kelurahan Wadas, Kecamatan Telukjambe Timur dan Kelurahan Karawang Kulon, Kecamatan Karawang Barat, Kabupaten Karawang. Dengan spesifikasi jembatan sebagai berikut:

Panjang Jembatan : 109,501 meter

Lebar Jembatan : 27,6 meter

Gambar 3. 3 Lokasi Proyek

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan metode pengambilan data sekunder. Metode pengambilan data sekunder yaitu dengan cara mengajukan surat permohonan permintaan data langsung pada instansi-instansi atau perusahaan-perusahaan yang dianggap berkepentingan dengan penelitian yang dilakukan. Instansi atau perusahaan tersebut adalah perusahaan kontraktor.

3.4 Metode *Zero One*

Metode analisis digunakan untuk mengolah data yang ada sehingga data yang ada bisa digunakan dan dioptimalkan. Terdapat metode analisis yang akan digunakan yaitu metode *Zero One*. Metode *Zero One* merupakan pendekatan analisis keputusan yang digunakan untuk menghadapi situasi yang rumit dengan mempertimbangkan alternatif keputusan yang memiliki karakter eksklusif dan mutlak. Metode ini juga dikenal dengan sebutan pendekatan biner, pendekatan "ya" atau "tidak," atau metode "0" dan "1." Prinsip mendasar dari metode *Zero One* adalah menggambarkan alternatif keputusan ke dalam dua opsi eksklusif, yakni "0"

(tidak dipilih) atau "1" (dipilih). Penerapan metode ini umumnya meliputi berbagai ranah, termasuk analisis keuangan, pengambilan keputusan bisnis, manajemen proyek, dan optimisasi.

Dalam metode *Zero One*, langkah awal melibatkan identifikasi alternatif keputusan yang mungkin dalam suatu situasi. Setelah alternatif-alternatif tersebut teridentifikasi, langkah berikutnya adalah menilai setiap alternatif untuk memutuskan apakah cocok atau tidak dengan tujuan atau kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Pada tahap ini, setiap alternatif akan diberi penilaian "1" jika cocok dan "0" jika tidak sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.

Salah satu keunggulan utama dari metode *Zero One* adalah kemudahannya dalam penerapan. Para pengambil keputusan tidak perlu melakukan penilaian rumit atau perhitungan matematis yang kompleks. Pendekatan ini sangat bermanfaat ketika alternatif keputusan memiliki implikasi yang relatif sederhana, seperti opsi "ya" atau "tidak," atau pilihan "terima" atau "tolak."

Sebagai contoh penerapan metode *Zero One* dapat ditemukan dalam pengambilan keputusan pembangunan proyek. kontraktor, misalnya, perlu menentukan apakah akan melakukan perubahan alternatif pada pekerjaan pembangunan. Dalam hal ini, kontraktor dapat menetapkan kriteria tertentu seperti waktu, biaya dan metode kerja. Setiap kriteria ini diberi bobot, dan investor menilai setiap saham apakah memenuhi kriteria tersebut atau tidak. Jika memenuhi, saham akan mendapatkan penilaian "1," sedangkan jika tidak, saham akan mendapatkan penilaian "0." Dengan demikian, kontraktor dapat mengambil keputusan berdasarkan saham yang memiliki penilaian total "1" tertinggi.

Namun, penting untuk diingat bahwa metode *Zero One* memiliki batasan. Pendekatan ini tidak selalu sesuai untuk situasi yang kompleks dengan alternatif yang lebih nuansa. Selain itu, metode ini cenderung mengabaikan perbedaan intensitas atau tingkat dari setiap alternatif, karena hanya menggambarkan keputusan dalam dua opsi mutlak.

Secara keseluruhan, metode *Zero One* adalah alat yang bermanfaat dalam pengambilan keputusan yang sederhana dan jelas. Dengan menggambarkan alternatif keputusan menjadi dua pilihan eksklusif, metode ini membantu para pengambil keputusan untuk berfokus pada aspek-aspek penting dan menghasilkan keputusan yang lebih efisien dan cepat dalam situasi tertentu.

Tabel 3. 1 Contoh Tabel *Zero One* untuk Mencari Bobot

Kriteria	I	II	III	IV	V	Jumlah	*Ranking*	Bobot
I	X							
II		X						
III			X					
IV				X				
V					X			

Keterangan:

1 = Lebih Penting

0 = Kurang Penting

X = Fungsi yang sama

Pada tabel *zero one* yang digunakan untuk mencari bobot kriteria penilaian pada aspek biaya, waktu dan metode kerja

Dalam contoh tabel *zero one*, terdapat beberapa poin penting yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Pada kolom dan baris kriteria, menunjukan komponen dari pekerjaan yang dilakukan optimasi biaya. Kriteri pada item pekerjaan harus berhubungan dengan pekerjaannya.
2. Pada kolom dan baris kriteria, diisi angka sesuai urutan kriteria. Pemberiaan angka sesuai dengan syarat yang ada.
3. Pemberian *ranking* dilakukan terbalik. Sehingga kriteria yang mendapat jumlah nilai tertinggi mendapat *ranking* nilai besar (besar ke kecil).
4. Menentukan bobot dengan mengambil skala bobot total 100 dan bobot dihitung dengan rumus:

Bobot = (angka ranking yang dimiliki / jumlah angka ranking) x 100 (3.2)

Indeks = jumlah kriteria/total jumlah (3.3)

Tabel 3. 2 Contoh Tabel *Zero One* untuk Mencari Indeks

Alternatif	A	B	C	Jumlah	Indeks
A	X				
B		X			
C			X		

Setelah didapatkan nilai bobot dan indeks, akan hubungkan dengan matriks evaluasi. Menurut Pinto, J. K. (2017) matriks evaluasi adalah suatu teknik dalam manajemen proyek yang bertujuan untuk mengidentifikasi, membandingkan, dan mengevaluasi berbagai opsi atau alternatif yang terkait dengan suatu proyek. Alat

ini sering digunakan untuk mempermudah pengambilan keputusan dalam situasi yang kompleks atau ketika terdapat banyak opsi yang harus dinilai. Dalam matriks evaluasi, pertama-tama opsi atau alternatif diidentifikasi, kemudian kriteria evaluasi yang relevan ditetapkan, dan setiap opsi dinilai berdasarkan kriteria tersebut.

Tabel 3. 3 Tabel Matriks Evaluasi

No	Alternatif	Kriteria					Total
		I	II	III	IV	V	
		Bobot	Bobot	Bobot	Bobot	Bobot	
1	A	Indeks	Indeks	Indeks	Indeks	Indeks	∑Y
		Y	Y	Y	Y	Y	
2	B	Indeks	Indeks	Indeks	Indeks	Indeks	∑Y
		Y	Y	Y	Y	Y	

Keterangan:

1. Y = Bobot x Indeks.
2. ∑Y = Jumlah total pada baris Y.
3. A,B,C = item pekerjaan yang dilakukan rekayasa nilai.
4. Kolom kriteria merupakan number kriteria dari item pekerjaan.
5. Baris bobot merupakan nilai bobot dari setiap kriteria, diambil dari table pencarian bobot.
6. Indeks nilai penilaian setiap alternatif atau item pekrjaan terhadap masing-masing kriteria.
7. Alternatif yang dipilih memiliki total ∑Y terbesar.

BAB 4
PEMBAHASAAN

4.1 Tahap Informasi

Tahap informasi merupakan fase awal dalam proses optimasi biaya. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi pada proyek pembangunan jembatan oleh pada PT. Wijaya Karya Beton. Didapatkan data berupa rencana anggaran biaya proyek jembatan dan difokuskan pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong. Terdapat beberapa pekerjaan pada drainase dan gorong-gorong yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 *Breakdown* Biaya Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong

No	Uraian Pekerjaan	Total Biaya
1	Pemasangan Pipa RCP Dia. 60 cm	Rp 327,355,915.40
2	Pemasangan Box Culvert Ukuran 2x2m	Rp 1,165,125,500.00
3	Dreck drain	Rp 26,790,400.00
4	Pemasangan Pipa RCP Dia. 40 cm	Rp 15,084,165.00
5	Pipa Penyalur PVC Dia. 6" Tipe AW	Rp 121,230,900.00
6	Kansteen	Rp 106,501,500.00

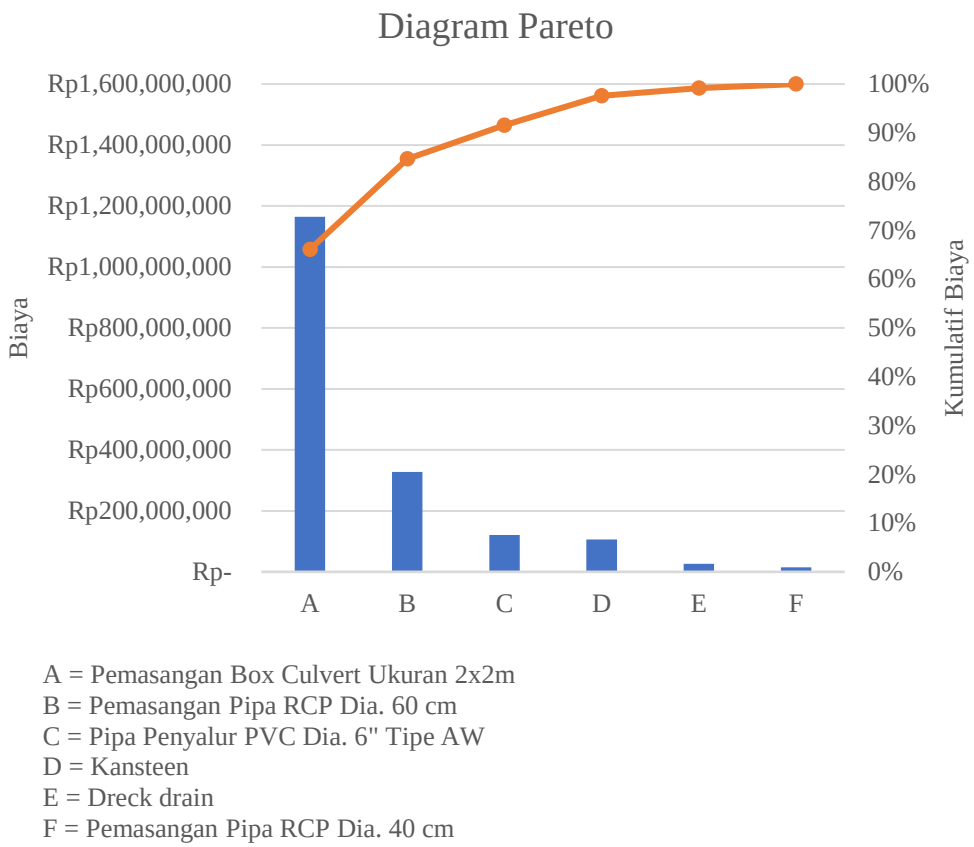
Setelah diketahui item pekerjaan dan biaya pekerjaan, selanjutnya dilakukan analisis pareto untuk mengetahui biaya dari terbesar hingga terkecil. Dari analisis pareto, dapat diidentifikasi item pekerjaan yang berpotensi untuk optimasi biaya pada pekerjaan tersebut. Pendekatan ini didasarkan pada hukum distribusi pareto yang memungkinkan untuk menemukan bahwa sekitar 80% dari total biaya berasal dari sekitar 20% dari item pekerjaan yang memiliki biaya tinggi. Hasil analisis pareto dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Tabel Pareto Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong

No	Uraian Pekerjaan	Total Biaya	% biaya	% kumulatif biaya	% pekerjaan	% kumulatif pekerjaan
1	Pemasangan Box Culvert Ukuran 2x2m	Rp 1,165,125,500.00	66%	66%	17%	17%
2	Pemasangan Pipa RCP Dia. 60 cm	Rp 327,355,915.40	19%	85%	17%	33%
3	Pipa Penyalur PVC Dia. 6" Tipe AW	Rp 121,230,900.00	7%	92%	17%	50%
4	Kansteen	Rp 106,501,500.00	6%	98%	17%	67%
5	Dreck drain	Rp 26,790,400.00	2%	99%	17%	83%
6	Pemasangan Pipa RCP Dia. 40 cm	Rp 15,084,165.00	1%	100%	17%	100%

Kemudian, untuk mengindentifikasi item pekerjaan yang berpotensi untuk oprimasi biaya digunakan grafik analisis Pareto. Metode ini didasarkan pada hukum distribusi Pareto, yang juga dikenal sebagai aturan 80/20, yang menyatakan bahwa sekitar 80% dari hasil atau dampak berasal dari sekitar 20% dari penyebab atau item.

Langkah pertama dalam menerapkan analisis Pareto adalah mengumpulkan data yang relevan. Dalam konteks proyek, ini mencakup pengumpulan data biaya untuk semua item pekerjaan yang terlibat. Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah mengurutkannya berdasarkan biaya dari yang tertinggi ke yang terendah. Dalam hal ini, tabel 4.2 menyediakan rincian biaya untuk setiap item pekerjaan yang dapat digunakan sebagai dasar untuk analisis ini.



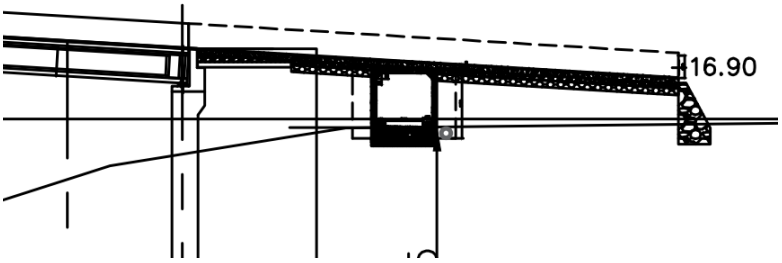
Gambar 4. 1 Diagram Pareto Pekerjaan Drainase dan Gorong-Gorong

Grafik analisis pareto menggambarkan hasil analisis biaya pemasangan elemen-elemen infrastruktur dalam saluran drainase dengan urutan prioritas yang jelas. Dalam data tersebut, pemasangan *box culvert* menjadi sebagai elemen biaya tertinggi dengan nilai Rp 1,165,125,500.00, item pekerjaan mengindikasikan kontribusi biaya yang paling signifikan terhadap proyek. Posisi berikutnya ditempati oleh pemasangan pipa RCP diameter 60 dengan biaya 327,355,915.40, memperlihatkan besarnya pengaruh biaya tersebut terhadap total anggaran.

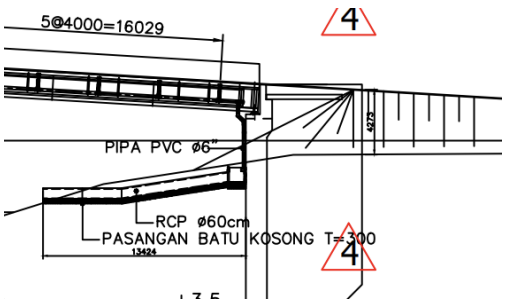
Selanjutnya urutan ke-3 adalah pipa PVC dengan biaya 121,230,900.00, diikuti oleh kansteen dengan biaya 106,501,500.00. Pekerjaan *dreck drain* memiliki

biaya yang lebih rendah, dengan biaya 26,790,400.00. pada urutan ke- 4 terdapat Pipa RCP diameter 40 berada di posisi terbawah dalam urutan biaya, dengan biaya sebesar 15,084,165.00. Hasil grafik Pareto ini memberikan gambaran visual yang jelas mengenai elemen-elemen mana yang memiliki dampak biaya terbesar dalam proyek pemasangan saluran drainase, membantu dalam perencanaan anggaran dan pengambilan keputusan yang baik.

Dari analisis pareto yang dilakukan, terdapat dua item pekerjaan yang menjadi faktor utama pengaruh biaya pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong. Pada tabel 4.2 dapat dilihat pekerjaan pemasangan *box culvert* dan pemasangan pipa *reinforced concrete pipe* diameter 60 cm memiliki persentase biaya 85% dari 33% pekerjaan dari keseluruhan pekerjaan yang ada. Pemilihan alternatif dibatasi dengan item pekerjaan yang tidak memerlukan perhitungan struktur.



Gambar 4. 2 Gambar Potongan Proyek



Gambar 4. 3 Keterangan Gambar Potongan Proyek

Dari gambar 4.2 dan gambar 4.3 dapat dilihat bawah lokasi pipa *reinforced concrete pipe* berada di bawah jembatan dengan tidak menerima beban, sementara

box culvert berada di bawah jalan. Penggunaan *box culvert* juga diperuntukan untuk penyebrangan masyarakat sekitar lokasi sehingga penggunaan *box culvert* memerlukan perhitungan struktur. Menurut Sigit (2014) menyatakan bahwa pemasangan *box culvert* diperlukan perancangan beban dan perhitungan kekuatan. Sehingga melihat batasan pemilihan alternatif maka dipilihlah pipa *reinforced concrete pipe* untuk dilakukan optimasi biaya dengan mencari beberapa alternatif pengganti *reinforced concrete pipe*.

4.2 Tahap Kreatif

Pada tahap kreatif, ditampilkan beberapa alternatif pengganti untuk item pekerjaan yang ada dengan membandingkan desain perencanaan awal dengan beberapa jenis desain yang diusulkan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menghasilkan beberapa ide kreatif yang berpotensi menghasilkan penghematan harga yang signifikan. Salah satu pendekatan umum yang digunakan untuk mencapai ini adalah dengan menggunakan metode *brainstorming*. *Brainstorming* adalah sebuah teknik perencanaan yang digunakan untuk menghimpun ide-ide kreatif dan mencari fungsi produk yang menguntungkan.

Dalam pemilihan alternatif, desain awal yaitu pipa *reinforced concrete pipe* digunakan sebagai dasar perhitungan. Berdasarkan informasi yang didapatkan penggunaan pipa *reinforced concrete pipe* ini digunakan untuk saluran drainase yang mengalirkan air menggenang di atas jembatan ke sungai yang ada di bawah jembatan. Saluran drainase tidak akan dilewati oleh kendaraan atau beban berat lainnya. Sehingga dalam pembuatan alternatif yang ada tidak mempertimbangkan mutu dari material yang ada. Alternatif yang ada dipilih karena memiliki fungsi

yang sama dan dipilih juga ukuran yang sama dengan desain awal. Masing-masing material sudah banyak digunakan pada banyak proyek saluran drainase sehingga dijadikan sebuah alternatif pengganti pada pekerjaan saluran drainase. Ide-ide alternatif yang dihasilkan pada tahap kreatif ini tercantum dalam tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Tabel Alternatif

No	Alternatif
1	Pipa *corrugated HDPE* diameter 60 cm
2	*U-ditch* ukuran 60x60 cm
3	Pipa baja diameter 60 cm
4	Pipa buis beton diameter 60 cm
5	Pipa *corrugated steel pipe* diameter 60 cm

Pada tabel 4.3 menunjukan beberapa alternatif yang diusulkan pada pekerjaan pemasangan pipa *Corrugated Steel Pipe* (CSP) diameter 60 cm. pemilihan alternatif dilihat dari beberapa faktor seperti waktu, biaya dan metode kerja. Dari alternatif yang ada diharapkan alternatif yang dipilih dapat dilakukan optimasi biaya pada pekerjaan drainase dan gorong-gorong. Terdapat lima alternatif yang tersedia untuk konstruksi saluran drainase. Pertama, adalah Pipa *Corrugated HDPE* diameter 60 cm. Alternatif kedua adalah menggunakan *u-ditch* dengan ukuran 60x60 cm untuk mengikuti dimensi desain awal. Alternatif ketiga adalah penggunaan pipa baja diameter 60 cm, yang dipasang sebagai saluran pipa drainase. Keempat, adalah alternatif menggunakan buis beton diameter 60 cm, di mana saluran terbuat dari beton tanpa tulangan. Terakhir, alternatif kelima adalah pipa *Corrugated Steel Pipe* diameter 60 cm. Setiap alternatif memiliki kelebihan dan pertimbangan sendiri, termasuk biaya, kecepatan pemasangan, dan metode kerja. Pemilihan alternatif yang tepat akan sangat mempengaruhi penghematan biaya dari proyek saluran drainase dan gorong-gorong tersebut.

Dalam tahap kreatif, penting untuk menganalisis dengan cermat keuntungan dan kerugian dari setiap alternatif yang ada. Penilaian yang holistik dan teliti terhadap aspek positif dan negatif masing-masing pilihan akan membantu mengarahkan pengembangan ide-ide kreatif menuju solusi yang optimal. Memahami keuntungan dari suatu alternatif dapat memberikan wawasan tentang potensi positif yang dapat diambil, seperti efisiensi biaya, peningkatan kualitas, atau kecepatan pelaksanaan. Sementara itu, pengidentifikasian kerugian membantu mengantisipasi dan mengatasi hambatan yang mungkin timbul, seperti risiko teknis, dampak lingkungan, atau keterbatasan sumber daya. Keuntungan dan kerugian masing-masing alternatif dapat dilihat dari tabel 4.4

Tabel 4. 4 *Breakdown* Keuntungan dan Kerugian

No	Alternatif	Keuntungan	Kerugian
1	Pipa *Corrugated HDPE*	- Pemasangan mudah dan cepat - Fleksibel dan lentur	- Tidak tahan terhadap perubahan suhu - Tidak kuat tekanan
2	*U-ditch*	- Mudah dan cepat dalam pemasangan - Cocok untuk saluran kecil dengan aliran rendah.	- Rentan terhadap erosi - Memerlukan perawatan rutin
3	Pipa Baja	- Tahan terhadap tekanan dan beban berat - Umur pakai yang cukup lama	- Proses pemasangan yang rumit - Rentan terhadap korosi

Tabel 4. 5 *Breakdown* Keuntungan dan Kerugian (Lanjutan)

No	Alternatif	Keuntungan	Kerugian
4	Buis Beton	- Biaya produksi terjangkau - Proses pekerjaan yang mudah	- Tidak terlalu kuat dengan beban berat
5	Pipa *Corrugated Steel Pipe*	- Ringan dan mudah dalam pemasangan - Cocok untuk saluran drainase dengan aliran air yang tinggi	- Rentan terhadap korosi - Biaya produksi dan pemasangan yang cukup mahal

4.3 Tahap Analisis

Tahap analisis merupakan hal penting dalam proses penghematan biaya yang tidak boleh dilewatkan. Pada tahap ini, penghematan biaya melakukan evaluasi menyeluruh terhadap berbagai alternatif solusi yang dihasilkan dari tahap kreatif. Tujuan utama dari tahap analisis ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam dan kritis tentang keunggulan serta kelemahan dari setiap solusi yang telah diajukan. Pada tahap analisis, fokus akan diberikan pada hasil inovasi yang telah dihasilkan, sehingga dapat memastikan bahwa solusi-solusi tersebut memenuhi syarat untuk digunakan dan diadopsi sebagai pengganti rencana awal. Terdapat beberapa faktor yang perlu dianalisis yaitu:

1. Analisis Biaya

   Setelah memahami kinerja dari setiap solusi, tim melakukan evaluasi biaya terkait dengan penerapan solusi-solusi tersebut. Proses ini mencakup penaksiran biaya yang terkait dengan bahan material, tenaga kerja, peralatan,

dan sumber daya lain yang diperlukan untuk mengimplementasikan solusi tersebut.

2. Analisis Waktu

   Jangka waktu dan waktu penyelesaian yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan setiap solusi juga dievaluasi dengan cermat. Hal ini bertujuan untuk memahami estimasi waktu yang diperlukan untuk menerapkan setiap solusi dengan tepat.

3. Analisis Metode Kerja

   Metode kerja merupakan faktor penting yang berhubungan dengan waktu pekerjaan. Pelaksanaan menunjuk pada proses dan tahap pekerjaan pada setiap alternatif yang ada sehingga langkah-langkah dalam pelaksanaan terstruktur dengan baik.

Oleh karena itu dilakukan analisis terhadap biaya, waktu dan metode kerja. Analisis dilakukan untuk mengetahui alternatif terbaik yang didapat.

4.3.1 Analisis Biaya

Pada analisis biaya, dilakukan perhitungan pada biaya yang dihasilkan pada masing masing alternatif yang ada. Analisis biaya ini menjadi faktor paling penting karena berdampak pada penghematan biaya yang akan dihasilkan melalui alternatif yang ada. Biaya yang didapat bedasarkan analisis harga satuan yang dilakukan pada masing-masing alternatif. Harga material untuk masing-masing alternatif didapatkan dari beberapa katalog terbaru yang kemudian dirata-ratakan dan akan menjadi acuan harga. Digunakan juga jurnal harga satuan bahan bangunan konstruksi dan interior edisi 41 tahun 2022 untuk mendapatkan beberapa harga

material di daerah Jakarta. Analisis harga satuan pekerjaan untuk masing-masing alternatif dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa HDPE

No	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L01	OH	0,51	180.462,00	92.035,62
	Mandor	L02	OH	0,051	218.291,00	11,132.84
	JUMLAH HARGA TENAGA					103.168,46
B	BAHAN					
1	*HDPE Corrugated*	K20	m	1.03	1.432.191,00	1.475.156,73
	JUMLAH HARGA BAHAN					1.475.156,73
C	PERALATAN					
	JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A+B+C)					1.578.325,19
E	OVERHEAD & PROFIT 15% x D					236.748,78
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)					1.815.073,97

Berdasarkan analisis harga satuan perkerjaan pipa dengan material *corrugated HDPE* yang ditinjau dari koefisien pekerja dan material didapatkan harga sebesar Rp1.815.073,97.

Tabel 4. 7 Analisis Harga Satuan Pekerjaan *U-ditch*

No	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L01	OH	0,76	180.462.00	137.151,12
	Mandor	L02	OH	0,076	218.291.00	16.590,12
	JUMLAH HARGA TENAGA					153.741,24
B	BAHAN					
1	*U-ditch*	K10	m	1,03	652.333.33	671.903,33
2	Tutup pipa U-*ditch*	K11	m	1,03	347.950.00	358.38850
	JUMLAH HARGA BAHAN					1.030.291,83
C	PERALATAN					
	JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA. BAHAN DAN PERALATAN (A+B+C)					1.184.033,07
E	OVERHEAD & PROFIT 15% x D					117.604,96
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)					1.361.638,03

Berdasarkan analisis harga satuan perkerjaan pipa dengan material *u-ditch* yang ditinjau dari koefisien pekerja dan material didapatkan harga sebesar Rp1.361.638,03.

Tabel 4. 8 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa Baja

No	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L01	OH	1,1	180.462,00	198.508,20
	Mandor	L02	OH	0,22	218.291,00	48.024,02
	JUMLAH HARGA TENAGA					246.532,22
B	BAHAN					
1	Pipa Baja	K12	m	1,03	1.333.333,33	1.373.333,33
2	Aksesoris Pipa	K13	m	1,03	100.000,00	103.000,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					1.476.333,33
C	PERALATAN					
	JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA. BAHAN DAN PERALATAN (A+B+C)					1.722.865,55
E	OVERHEAD & PROFIT 15% x D					258.429,83
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)					1.981.295,39

Berdasarkan analisis dengan material pipa baja yang ditinjau dari koefisien pekerja dan material didapatkan harga sebesar Rp1.981.295,39.

Tabel 4. 9 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa RCP

No	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L01	OH	0,59	180.462,00	106.472,58
	Mandor	L02	OH	0,059	218.291,00	12.879,17
	JUMLAH HARGA TENAGA					119.351,75
B	BAHAN					
1	Pipa RCP 60 cm	M27	m	1,03	830.966,67	855.895,67
2	Aksesoris Pipa	M28	m	1,03	100.000,00	103.000,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					958.895,67
C	PERALATAN					
	JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA. BAHAN DAN PERALATAN (A+B+C)					1.078.247,42
E	OVERHEAD & PROFIT 15% x D					161.737,11
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)					1.239.984,53

Berdasarkan analisis harga satuan perkerjaan pipa dengan material *reinforced concrete pipe* yang ditinjau dari koefisien pekerja dan material didapatkan harga sebesar Rp1.239.984,53.

Tabel 4. 10 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa CSP

No	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L01	OH	0,33	180.462,00	60.154,00
	Mandor	L02	OH	0,083	218.291,00	18.190,92
	JUMLAH HARGA TENAGA					78.344,92
B	BAHAN					
1	Pipa CSP 60 cm	K15	m	1,03	1.508.000,00	1.553.240,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					1.553.240,00
C	PERALATAN					
	JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA. BAHAN DAN PERALATAN (A+B+C)					1.631.584,92
E	OVERHEAD & PROFIT 15% x D					244.737,74
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)					1.876.322,65

Berdasarkan analisis harga satuan perkerjaan pipa dengan material *corrugated steel pipe* yang ditinjau dari koefisien pekerja dan material didapatkan harga sebesar Rp1.876.322,65.

Tabel 4. 11 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Pipa Buis Beton

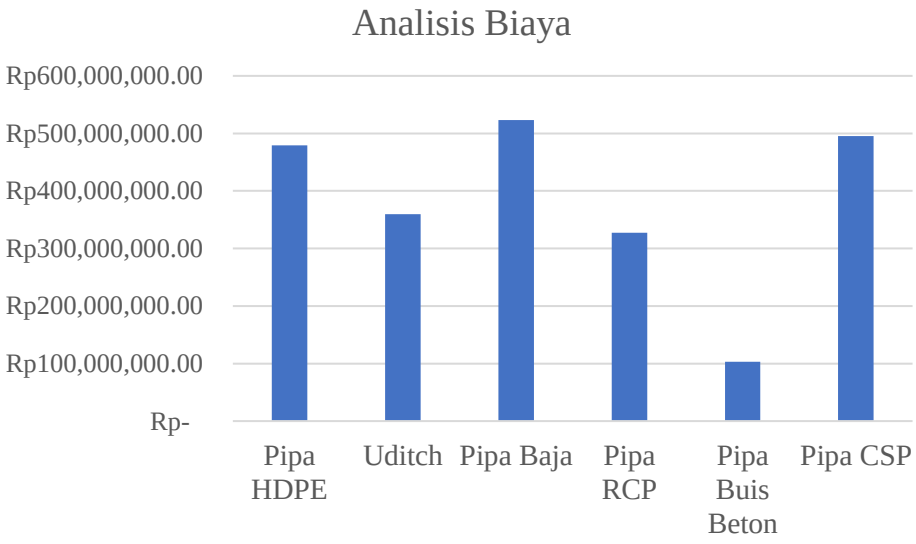
No	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A	TENAGA					
	Pekerja	L01	OH	0,38	180.462,00	68.575,56
	Mandor	L02	OH	0,019	218.291,00	4.147,53
	JUMLAH HARGA TENAGA					72.723,09
B	BAHAN					
1	Pipa Buis Beton	K14	m	1,03	243.333,33	267.666,67
	JUMLAH HARGA BAHAN					267.666,67
C	PERALATAN					
	JUMLAH HARGA PERALATAN					
D	JUMLAH HARGA TENAGA. BAHAN DAN PERALATAN (A+B+C)					340.389,76
E	OVERHEAD & PROFIT 15% x D					51.058,46
F	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)					391.448,22

Berdasarkan analisis harga satuan perkerjaan pipa dengan material buis beton yang ditinjau dari koefisien pekerja dan material didapatkan harga sebesar Rp391.448,22. Dari harga satuan pekerjaan yang didapatkan maka dilakukan perbandingan dengan desain awal menggunakan *reinforced concrete pipe*. Perbandingan dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Perbandingan Biaya

ITEM PEKERJAAN	HARGA SATUAN	VOLUME (m)	TOTAL HARGA
Pipa HDPE	Rp 1.815.074	264	Rp 479.179.527,99
U-ditch	Rp 1.361.638	264	Rp 359.472.439,85
Pipa Baja	Rp 1.981.295	264	Rp 523.061.981,99
Pipa RCP	Rp 1.239.985	264	Rp 327.355.915,40
Pipa Buis Beton	Rp 391.448	264	Rp 103.342.329,82
Pipa CSP	Rp 1.876.323	264	Rp 495.349.180,70

Berdasarkan tabel 4.12 Total biaya didapatkan untuk masing masing pekerjaan pipa. yang kemudian ditunjukan grafik biaya untuk melihat perbandingan biaya masing-masing alternatif. Pada grafik menunjukan alternatif dan biaya yang didapatkan.



Gambar 4. 4 Diagram Perbandingan Biaya

Dari analisis biaya yang ada didapatkan pipa buis beton merupakan material dengan harga termurah yaitu Rp 103.342.329,82. Sedangkan alternatif termahal yaitu menggunakan pipa baja dengan harga Rp 523.061.981,99. Alternatif buis beton menjadi biaya termurah dibandingkan alternatif lainnya dan juga desain awal yang direncanakan yaitu *reinforced concrete pipe* dengan biaya sebesar Rp 327.355.915,40.

4.3.2 Analisis Waktu

Analisis waktu menjadi faktor penting untuk memperhitungkan penghematan biaya dalam pekerjaan drainase dan gorong-gorong. Dari analisis waktu ini didapatkan waktu pekerjaan dalam satuan hari. Analisis waktu yang dihitung dibatasi hanya waktu pemasangan. Untuk mendapatkan waktu pekerjaan diperlukan koefisien pekerja. volume pekerjaan dan jumlah pekerja.

Durasi pekerjaan = (koefisien pekerja × volume pekerjaan)/jumlah pekerja (4.1)

Durasi pekerjaan dijabarkan sesuai dengan metode yang ada terdiri dari kegiatan pembersihan area. penggalian dan pemasangan pipa. Durasi pekerjaan dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 4. 13 Durasi Pekerjaan Pipa *Corrugated* HDPE

Kegiatan	Koefisien	Volume (m)	Durasi (Hari)
Pembersihan area	0,009	264	1
Penggalian	0,0255	264	2
Pemasangan pipa	0,51	264	34
Total Durasi			37

Berdasarkan analisis waktu perkerjaan pipa dengan material *corrugated HDPE* yang ditinjau dari koefisien pekerja dan volume didapatkan durasi pekerjaan selama 37 hari.

Tabel 4. 14 Durasi Pekerjaan *U-ditch*

Kegiatan	Koefisien	Volume (m)	Durasi (Hari)
Pembersihan area	0,009	264	1
Penggalian	0,0255	264	2
Pemasangan pipa	0,76	264	51
Total Durasi			54

Berdasarkan analisis waktu perkerjaan pipa dengan material *u-ditch* yang ditinjau dari koefisien pekerja dan volume didapatkan durasi pekerjaan selama 54 hari.

Tabel 4. 15 Durasi Pekerjaan Pipa Baja

Kegiatan	Koefisien	Volume (m)	Durasi (Hari)
Pembersihan area	0,009	264	1
Penggalian	0,0255	264	2
Pemasangan pipa	1,1	264	73
Total Durasi			76

Berdasarkan analisis waktu perkerjaan pipa dengan material pipa baja yang ditinjau dari koefisien pekerja dan volume didapatkan durasi pekerjaan selama 76 hari.

Tabel 4. 16 Durasi Pekerjaan Pipa *Reinforced Concrete Pipe*

Kegiatan	Koefisien	Volume (m)	Durasi (Hari)
Pembersihan area	0,009	264	1
Penggalian	0,0255	264	2
Pemasangan pipa	0,59	264	39
Total Durasi			42

Berdasarkan analisis waktu perkerjaan pipa dengan material *reinforced concrete pipe* yang ditinjau dari koefisien pekerja dan volume didapatkan durasi pekerjaan selama 42 hari.

Tabel 4. 17 Durasi Pekerjaan Pipa Buis Beton

Kegiatan	Koefisien	Volume (m)	Durasi (Hari)
Pembersihan area	0,009	264	1
Penggalian	0,0255	264	2
Pemasangan pipa	0,38	264	26
Total Durasi			29

Berdasarkan analisis waktu perkerjaan pipa dengan material pipa buis beton yang ditinjau dari koefisien pekerja dan volume didapatkan durasi pekerjaan selama 29 hari.

Tabel 4. 18 Durasi Pekerjaan Pipa *Corrugated Steel Pipe*

Kegiatan	Koefisien	Volume (m)	Durasi (Hari)
Pembersihan area	0,009	264	1
Penggalian	0,0255	264	2
Pemasangan pipa	0,33	264	22
Total Durasi			25

Berdasarkan analisis waktu perkerjaan pipa dengan material corrugated steel pipe yang ditinjau dari koefisien pekerja dan volume didapatkan durasi pekerjaan selama 25 hari. Sehingga dapat dilihat hasil rekapitulasi durasi pekerjaan pada tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Durasi Pekerjaan

No	Item Pekerjaan	Durasi Pekerjaan (Hari)
1	Pipa HDPE	37
2	*U-ditch*	54
3	Pipa Baja	76
4	Pipa RCP	42
5	Pipa Buis Beton	29
6	Pipa CSP	25

Berdasarkan tabel 4.19, durasi pekerjaan pada item pekerjaan pipa baja memiliki durasi pekerjaan yang paling lama dengan total 76 hari. Sementara item

pekerjaan pada item pipa *corrugated steel pipe* memiliki durasi pekerjaan tercepat yaitu selama 25 hari.

Durasi pada setiap pekerjaan dapat dijelaskan sebagai berikut:

Contoh perhitungan

Durasi = (0,51×264)/4

= 34 hari

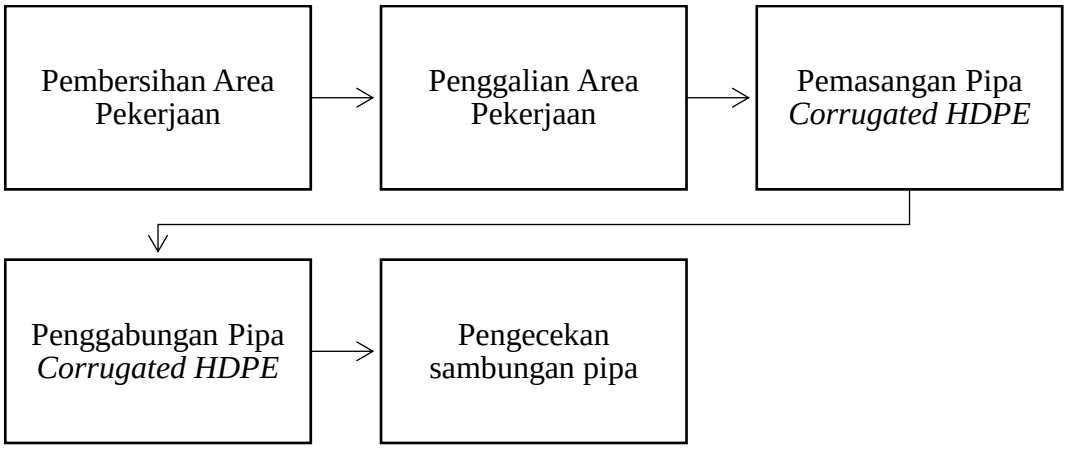
Dalam tabel 4.6 dapat dilihat dalam perbandingan waktu pengerjaan antara saluran drainase dan gorong-gorong. pekerjaan dengan menggunakan pipa *corrugated HDPE* membutuhkan waktu total 37 hari. Selanjutnya. pemasangan saluran *u-ditch* memerlukan waktu 54 hari untuk menyelesaikannya. Proses pemasangan dan pengelasan pada pipa baja juga mempengaruhi waktu. dengan total waktu pengerjaan selama 76 hari dan menjadikan pekerjaan pipa baja menjadi alternatif terlama.

Sementara itu desain awal menggunakan pipa *reinforced concrete pipe* memakan waktu 42 hari. sedangkan alternatif pemasangan menggunakan pipa buis beton hanya memerlukan 29 hari. Pekerjaan dengan pipa *corrugated steel pipe* menunjukkan waktu pengerjaan yang paling cepat yaitu 25 hari. Perbedaan durasi pengerjaan ini dapat berpengaruh pada keseluruhan jangka waktu proyek dan perlu diperhitungkan dalam perencanaan. Dalam memilih metode pemasangan yang tepat. faktor waktu menjadi pertimbangan penting yang akan memengaruhi kelancaran dan keberhasilan proyek saluran drainase atau gorong-gorong.

4.3.3 Analisis Metode Kerja

Analisis metode kerja menjadi faktor penentuan keputusan dalam keberhasilan proyek. Metode kerja menunjukkan tahapan pelaksanaan yang ada pada pekerjaan

yang akan dilaksanakan nanti sehingga dapat diketahui pekerjaan yang paling efisien. Dari alternatif dan desain awal yang ada ditunjukan tahapan pekerjaan untuk setiap alternatif menggunakan *flowchart*.

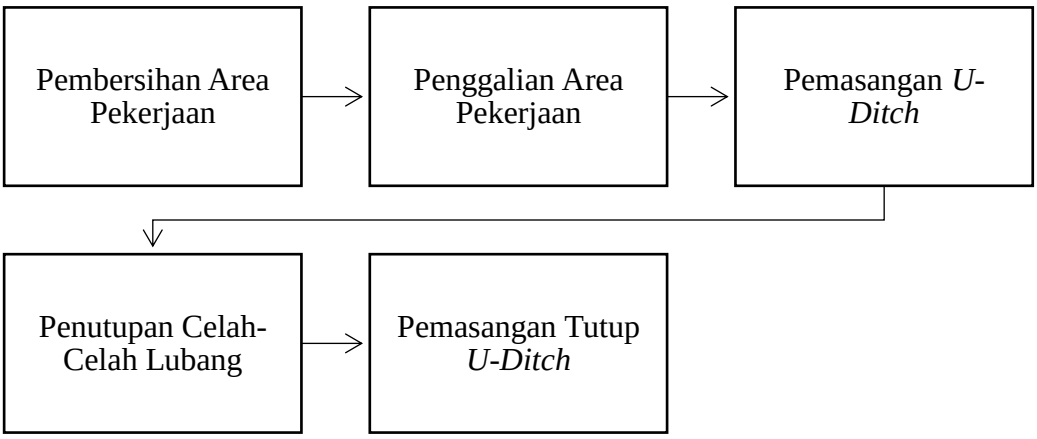


Gambar 4. 5 *Flowchart* Pekerjaan Pemasangan Pipa *Corrugated HDPE*

Pemasangan pipa *Corrugated HDPE* dilakukan melalui serangkaian tahap yang teliti guna memastikan instalasi yang efisien dan tahan lama. Tahap permulaan dalam proses ini adalah pembersihan area kerja dari segala jenis hambatan. termasuk tanah. batu. dan materi lain yang mungkin mengganggu proses pemasangan. Keadaan area yang bersih dan bebas hambatan memfasilitasi kelancaran pemasangan pipa. Setelah tahap penggalian selesai, langkah selanjutnya melibatkan penggalian. di mana area yang akan digunakan sebagai saluran drainase digali dan dibentuk sesuai dengan perencanaan desain. Tindakan penggalian ini bertujuan untuk memastikan bahwa saluran drainase memiliki bentuk serta kemiringan yang sesuai untuk mengalirkan air dengan optimal.

Tahap berikutnya dalam pemasangan pipa *Corrugated HDPE* adalah penempatan pipa-pipa tersebut ke dalam saluran yang telah digali sebelumnya. Pipa-pipa ini ditempatkan dengan akurat dan disesuaikan dengan gradient yang telah direncanakan. Tindakan berikutnya melibatkan penggabungan pipa-pipa

tersebut dengan metode yang cocok, seperti menggunakan sambungan *flaring* atau *coupling*, agar sambungan pipa tetap rapat dan bebas kebocoran. Proses penggabungan pipa perlu dikerjakan secara cermat untuk mencegah masalah potensial seperti kebocoran di masa depan. Setelah semua pipa terhubung dengan baik. tahap selanjutnya adalah pemeriksaan menyeluruh terhadap setiap sambungan pipa untuk memverifikasi kualitas dan kekencangannya. Dengan mematuhi langkah-langkah ini, proses pemasangan pipa *Corrugated HDPE* dapat dilaksanakan dengan akurasi dan efisiensi, menghasilkan saluran drainase yang dapat diandalkan dan beroperasi secara optimal



Gambar 4. 6 *Flowchart* Pekerjaan Pemasangan *U-Ditch*

Alternatif selanjutnya adalah menggunakan *u-ditch*. Metode kerja pemasangan saluran drainase menggunakan *u-ditch* melibatkan beberapa tahapan penting yang harus dilakukan secara sistematis guna memastikan kelancaran dan kualitas pemasangan.

Tahap pertama adalah penggalian dan pembersihan lokasi. Pada tahap ini, area yang telah ditentukan untuk pemasangan *u-ditch* diekskavasi dengan hati-hati. Tanah yang tergali kemudian dihilangkan dari lokasi untuk menciptakan ruang yang sesuai

dengan dimensi saluran yang direncanakan. Selama proses penggalian, pembersihan, dan pemindahan tanah, penting untuk memastikan keselamatan pekerja dan mematuhi pedoman lingkungan.

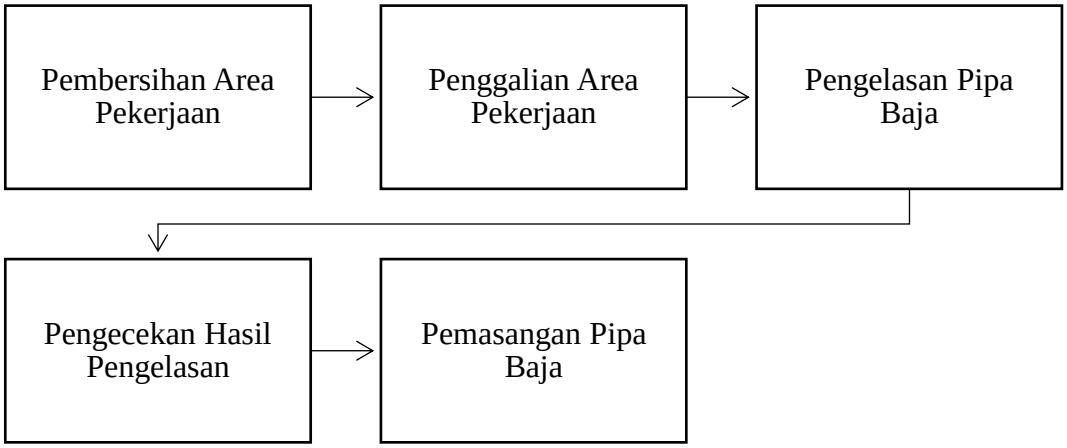
Setelah area siap, tahap kedua melibatkan pemasangan *u-ditch* itu sendiri. Tahap ini dimulai dengan pemasangan material pelapis, seperti geotekstil, di dasar saluran. Hal ini bertujuan untuk mengendalikan erosi dan menjaga kualitas air yang mengalir melalui saluran. Selanjutnya, material struktural seperti beton pra-cetak atau beton curah ditempatkan di dasar saluran untuk membentuk struktur dasar yang kokoh.

Pada tahap berikutnya, dilakukan penutupan lubang *u-ditch*. Dinding samping saluran dibangun dengan material yang sesuai, seperti beton atau batu. Langkah ini membantu memastikan integritas dan stabilitas struktur *u-ditch*. Lapisan tanah asli kemudian diisi kembali di sekitar saluran untuk mengamankan struktur secara lebih lanjut.

Terakhir, tahap pemasangan tutup *u-ditch* dilakukan. Tutup *u-ditch* dapat berupa pelat beton pra-cetak atau bahan lain yang sesuai dengan fungsi dan kebutuhan saluran. Pemasangan tutup ini bertujuan untuk melindungi saluran dari pengotoran dan memudahkan akses untuk pemeliharaan dan inspeksi di masa depan.

Dalam keseluruhan metode kerja ini, perlu ditekankan pentingnya mematuhi standar keselamatan dan regulasi lingkungan yang berlaku. Pekerja juga harus memperhatikan detail teknis dalam pemasangan, termasuk pengukuran yang akurat dan penggunaan bahan berkualitas. Dengan mengikuti tahapan-tahapan metode kerja pemasangan *u-ditch* dengan cermat, saluran drainase yang efisien dan

berfungsi dengan baik dapat terwujud. membantu mengelola aliran air dengan lebih baik dan mengurangi risiko banjir.



Gambar 4. 7 *Flowchart* Pekerjaan Pemasangan Pipa Baja

Alternatif selanjutnya adalah menggunakan pipa baja. Proses pemasangan pipa baja dalam untuk saluran drainase melibatkan serangkaian langkah penting yang perlu dilaksanakan secara hati-hati dan teratur guna menjamin keberhasilan serta kualitas pelaksanaan.

Langkah pertama melibatkan proses penggalian dan pembersihan area. Pada tahap ini. area yang telah ditentukan untuk pemasangan pipa baja dikeruk dengan cermat. Tanah yang tergali diangkat untuk menciptakan ruang yang sesuai dengan dimensi pipa dan saluran yang telah direncanakan sebelumnya. Selama proses pembersihan, area tersebut dibersihkan dari material yang tidak perlu seperti tumpukan tanah longsor atau bahan lainnya. Selanjutnya proses penggalian yang penting untuk mematuhi norma keselamatan dan menjaga keseimbangan lingkungan. Setelah tahap penggalian selesai.

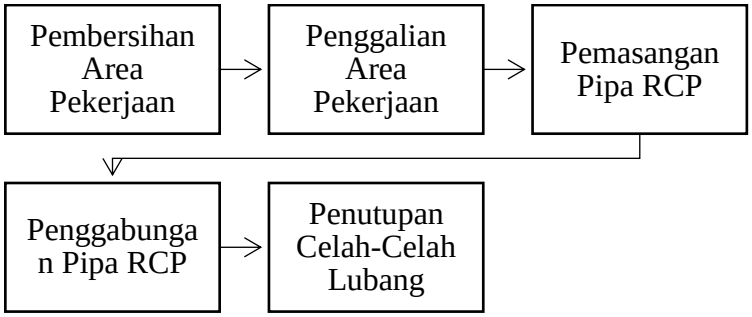
Tahap selanjutnya melibatkan langkah pengelasan pipa baja. Pipa-pipa baja yang telah diukur dan dipotong sesuai panjang yang dibutuhkan kemudian

disatukan melalui proses pengelasan untuk membentuk saluran yang terhubung. Proses pengelasan harus dijalankan oleh pekerja yang terampil dan memiliki pengalaman dalam mengaplikasikan teknik pengelasan pada pipa baja. Langkah ini penting untuk memastikan bahwa pipa-pipa terbentuk menjadi struktur yang kuat dan mampu bertahan terhadap tekanan air dan kondisi lingkungan.

Setelah pipa-pipa terkoneksi, dilakukan tahap pemeriksaan hasil pengelasan. Setiap sambungan yang telah dilas diperiksa secara teliti untuk memastikan bahwa hasil pengelasan memenuhi standar keselamatan dan mutu. Inspeksi ini melibatkan pemeriksaan visual dan mungkin dilengkapi dengan pengujian nondestruktif guna mendeteksi potensi cacat atau kelemahan pada sambungan pipa.

Langkah terakhir adalah pemasangan pipa baja pada area yang telah dipersiapkan sebelumnya. Pipa-pipa baja ditempatkan secara hati-hati sesuai dengan rancangan yang telah direncanakan. Penting untuk memastikan bahwa pipa-pipa terletak pada posisi yang akurat dan memiliki kemiringan yang sesuai agar aliran air berjalan dengan lancar. Setelah pemasangan selesai, pipa-pipa bisa ditutup dengan mengisi kembali area sekitar dengan tanah yang sebelumnya telah dikeruk.

Keseluruhan metode pemasangan ini menempatkan keselamatan dan kualitas sebagai prioritas utama. Penggunaan teknik pengelasan yang tepat. pemeriksaan berkala, serta perencanaan yang matang merupakan kunci untuk meraih hasil pemasangan pipa baja yang kokoh dan berfungsi sesuai harapan dalam sistem saluran drainase.



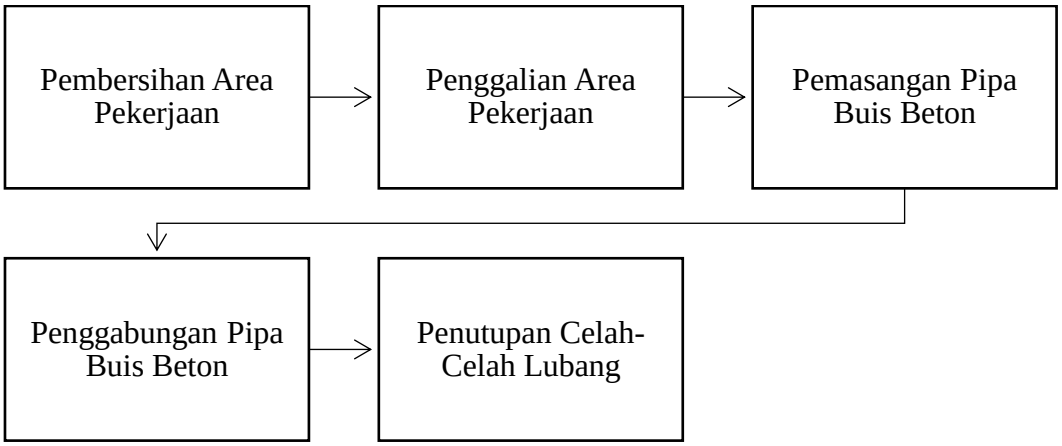
Gambar 4. 8 *Flowchart* Pekerjaan Pemasangan Pipa RCP

Pada desain awal, metode kerja pemasangan pipa *Reinforced Concrete Pipe* (RCP) melibatkan urutan langkah yang terstruktur secara sistematis untuk memastikan pelaksanaan yang efisien dan berkualitas. Langkah awal adalah tahap pembersihan area untuk memastikan bahwa area tersebut siap menerima pemasangan pipa. Material debris dan yang tidak diperlukan dibersihkan untuk menciptakan permukaan yang rata dan bersih

Setelah tahap pembersihan, dilanjutkan dengan tahap penggalian. di mana area yang telah ditetapkan untuk pemasangan pipa RCP dianalisis secara seksama dan dilakukan penggalian sesuai rencana yang telah disusun. Proses penggalian ini melibatkan pemeriksaan dimensi dan kedalaman yang sesuai. Setelah itu, pipa RCP dipasang dengan presisi sesuai dengan desain yang telah diatur sebelumnya. Pipa-pipa ini ditempatkan dengan cermat, memperhatikan sudut dan tinggi sesuai kebutuhan.

Langkah selanjutnya adalah penggabungan pipa, di mana ujung-ujung pipa RCP dihubungkan secara akurat. Proses ini melibatkan penggunaan teknik pemasangan yang tepat, seperti pemberian lapisan joint atau sambungan untuk memastikan bahwa pipa-pipa tersebut terkoneksi dengan baik dan terlindungi dari risiko kebocoran.

Terakhir. tahap penutupan celah antara pipa dilakukan. Setiap celah di antara pipa RCP diisi dengan bahan yang sesuai, seperti pasir atau tanah, untuk memastikan stabilitas pipa dan mencegah pergeseran atau kerusakan yang mungkin terjadi. Keseluruhan metode kerja ini memerlukan keterampilan khusus dan perhatian terhadap detail. terutama dalam proses penggabungan dan penutupan celah. Dengan mengikuti tahapan-tahapan ini. pemasangan pipa RCP dapat dilakukan secara efisien dan menghasilkan saluran drainase yang kuat dan tahan lama.



Gambar 4. 9 *Flowchart* Pekerjaan Pemasangan Pipa Buis Beton

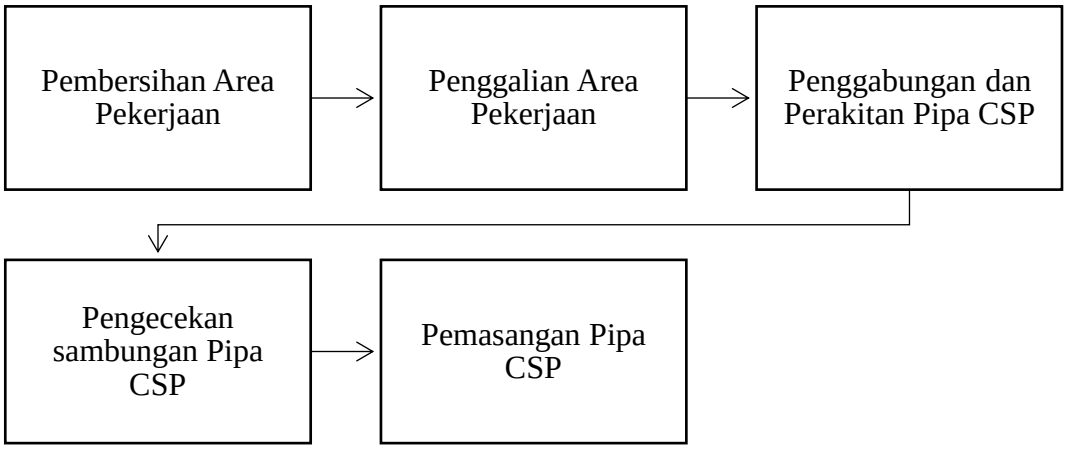
Proses pemasangan pipa buis beton dalam saluran drainase melibatkan serangkaian langkah-langkah yang disusun secara terstruktur untuk memastikan pelaksanaan yang efisien dan berkualitas. Langkah pertama adalah membersihkan area untuk memastikan bahwa tempat pemasangan pipa siap digunakan. Material debris dan unsur yang tidak diperlukan dihilangkan untuk menciptakan permukaan yang rata dan bersih.

Setelah fase penggalian selesai, langkah selanjutnya adalah penggalian. di mana area yang telah ditentukan untuk pemasangan pipa buis beton diperiksa dengan cermat dan dilakukan penggalian sesuai dengan rencana yang telah disusun

sebelumnya. Proses penggalian ini melibatkan evaluasi dimensi dan kedalaman yang sesuai untuk memungkinkan pemasangan pipa dengan optimal.

Kemudian, pipa buis beton dipasang dengan hati-hati sesuai dengan perencanaan sebelumnya. Pipa-pipa ini ditempatkan dengan teliti, memperhatikan sudut dan elevasi yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Proses penggabungan pipa dilanjutkan. di mana ujung-ujung pipa buis beton dihubungkan dengan akurat. Penggunaan teknik penghubung yang sesuai. seperti joint atau sambungan, digunakan untuk memastikan bahwa pipa-pipa terhubung dengan baik dan terhindar dari risiko kebocoran.

Tahap terakhir adalah menutup celah antara pipa. Setiap celah di antara pipa buis beton diisi dengan material yang tepat, seperti pasir atau tanah, untuk menjamin kestabilan dan mencegah potensi pergeseran atau kerusakan. Seluruh metode kerja ini memerlukan keahlian khusus dan perhatian terhadap detail, terutama dalam proses penggabungan dan penutupan celah. Dengan mengikuti prosedur ini, pemasangan pipa buis beton dapat dilaksanakan secara efisien dan menghasilkan saluran drainase yang kokoh dan tahan lama. serta berfungsi sesuai kebutuhan yang diinginkan.



Gambar 4. 10 *Flowchart* Pekerjaan Pemasangan Pipa CSP

Proses pemasangan *Corrugated Steel Pipe* (CSP) dalam sistem saluran drainase melibatkan serangkaian langkah terstruktur untuk memastikan pelaksanaan yang efisien dan berkualitas. Tahap pertama adalah tahap pembersihan area untuk memastikan bahwa tempat pemasangan pipa siap digunakan. Material debris dan bahan yang tidak diperlukan dibersihkan untuk menciptakan permukaan yang rata dan tidak ada hambatan.

Setelah tahap penggalian, langkah berikutnya adalah tahap penggalian, di mana area yang telah ditentukan untuk pemasangan pipa CSP dianalisis secara seksama dan penggalian dilakukan sesuai rencana yang telah disusun sebelumnya. Proses penggalian ini melibatkan evaluasi dimensi dan kedalaman yang sesuai agar pipa dapat terpasang dengan optimal. Tahap perakitan dan penggabungan pipa kemudian dilakukan. di mana pipa CSP dirakit sesuai dengan desain yang telah ditetapkan sebelumnya. Penggabungan pipa dilakukan secara cermat, memastikan koneksi yang tepat dan kokoh.

Proses pemasangan CSP juga melibatkan tahap pengecekan sambungan. Setiap sambungan pipa diperiksa dengan teliti untuk memastikan kekuatan dan integritasnya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pengecekan ini mencakup inspeksi visual serta mungkin pengujian nondestruktif untuk mengidentifikasi potensi cacat atau kelemahan.

Langkah terakhir adalah pemasangan pipa di area yang telah disiapkan sebelumnya. Pipa CSP ditempatkan dengan hati-hati sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Pastikan pipa-pipa terletak pada posisi yang sesuai dan memiliki kemiringan yang tepat agar aliran air berjalan lancar. Seluruh metode kerja ini memerlukan keterampilan dan perhatian detail. terutama dalam proses

penggabungan dan pengecekan sambungan. Dengan mengikuti langkah-langkah ini. pemasangan pipa CSP dapat dilakukan dengan efisien dan menghasilkan saluran drainase yang tahan lama serta berfungsi optimal dalam sistem drainase.

Dari analisis tahapan ini didapatkan juga urutan alternatif yang paling efisien. Mulai dari yang paling mudah hingga paling sulit. Urutan ini diketahui juga dari diskusi dengan para ahli.

Tabel 4. 20 Analisis Metode Kerja

Item Pekerjaan	Urutan Pelaksanaan
Pipa *Corrugated HDPE*	1
Pipa Buis Beton	2
Pipa *Reinforced Concrete Pipe*	3
Pipa *U-ditch*	4
Pipa *Corrugated Steel Pipe*	5
Pipa Baja	6

Dari tabel 4.14 dapat diketahui bahwa alternatif menggunakan pipa *corrugated HDPE* menjadi urutan pertama dalam tahapan pelaksanaan. Kemudian untuk desain awal menggunakan pipa *reinforced concrete pipe* berada diurutan ketiga. Kemudian pelaksanaan yang paling sulit adalah alternatif menggunakan pipa baja dikarenakan tahapannya yang rumit dan membutuhkan durasi yang lama terlihat pada tabel 4.13.

4.4 Tahap Rekomendasi

Tahap terakhir adalah tahap rekomendasi, di mana akan disajikan usulan alternatif yang telah disusun berserta alasan dan pertimbangannya. Pada tahap ini, hasil analisis akan disajikan untuk memudahkan proses pengambilan keputusan. Rekomendasi ini akan disampaikan kepada pihak yang berhak mengambil keputusan mengenai alternatif yang telah dirumuskan.

Setelah dilakukan analisis, dilakukan pengambilan alternatif terbaik menggunakan metode *zero one*. Metode *zero one* sendiri akan menunjukan urutan *ranking* dari yang paling baik. Penilaian ini dilakukan berdasakan 3 faktor analisis yaitu waktu, biaya dan pelaksanaan. Pada tahap awal dilakukan pembobotan untuk faktor-faktor yang di analisa.

Tabel 4. 21 Pembobotan

Kriteria	Waktu	Biaya	Metode Kerja	Jumlah	*Ranking*	Bobot
Waktu	X	0	0	0	1	16,67
Biaya	1	X	1	2	3	50,00
Metode Kerja	1	0	X	1	2	33,33

Contoh Perhitungan

Bobot = (Nilai *ranking*/jumlah *ranking*) × 100

Bobot Waktu = (1/6) × 100

= 16,67

Dari penilaian faktor, dapat dilihat sebagai waktu menjadi faktor pertimbangan yang paling penting. kemudian ada metode kerja di urutan kedua dan yang terakhir adalah waktu pekerjaan yang dilaksanakan. Setelah dilakukan pembobotan, dilakukan penilaian alternatif terhadap setiap faktor untuk mendapatkan indeks. Pertama dilakukan penilaian pada faktor waktu. Penilaian dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4. 22 Indeks Waktu

Alternatif	HDPE	*U-ditch*	Pipa Baja	Pipa RCP	Pipa Buis Beton	Pipa CSP	Jumlah	Indeks
HDPE	X	1	1	1	0	0	3	0,20
U-ditch	0	X	1	0	0	0	1	0,07
Pipa Baja	0	0	X	0	0	0	0	0,00
Pipa RCP	0	1	1	X	0	0	2	0,13
Pipa Buis	1	1	1	1	X	0	4	0,27
Pipa CSP	1	1	1	1	1	X	5	0,33

Contoh Perhitungan

Indeks = jumlah/total jumlah

Indeks CSP = 5/15

= 0,33

Dalam penilaian ini, alternatif pipa *corrugated HDPE* memperoleh nilai indeks waktu sebesar 0,2. menunjukkan bahwa metode ini memiliki potensi untuk memberikan efisiensi tidak terlalu lama. Sementara itu, metode *u-ditch* memperoleh nilai indeks waktu sebesar 0,07. menunjukkan perkiraan waktu pelaksanaan yang cukup lama juga.

Alternatif pipa baja. dengan nilai indeks waktu 0, menunjukkan bahwa metode ini memerlukan waktu yang paling lama dalam pelaksanaannya. Pipa *Reinforced Concrete Pipe* sebagai desain awal. dengan nilai indeks waktu 0,13, memperlihatkan estimasi waktu pelaksanaan yang sedang. Di sisi lain. pipa buis beton memperoleh nilai indeks waktu tertinggi yaitu 0,27, menandakan bahwa metode ini memiliki perkiraan waktu yang efisien dalam pelaksanaannya.

Alternatif terakhir menggunakan pipa *Corrugated Steel Pipe*. memiliki nilai indeks waktu tertinggi yaitu 0,33, mengindikasikan bahwa metode ini memiliki estimasi waktu pelaksanaan yang paling cepat di antara semua alternatif yang dinilai. Hasil penilaian ini memberikan wawasan penting bagi para pengambil keputusan dalam mempertimbangkan faktor waktu dalam memilih metode konstruksi yang sesuai dengan kebutuhan proyek saluran drainase. Selanjutnya dilanjutkan penilaian pada faktor biaya dan dapat dilihat dari tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Indeks Biaya

Alternatif	HDPE	*U-ditch*	Pipa Baja	Pipa RCP	Pipa Buis Beton	Pipa CSP	Jumlah	Indeks
HDPE	X	0	1	0	0	1	2	0,13
U-ditch	1	X	1	0	0	1	3	0,20
Pipa Baja	0	0	X	0	0	0	0	0,00
Pipa RCP	1	1	1	X	0	1	4	0,27
Pipa Buis	1	1	1	1	X	1	5	0,33
Pipa CSP	0	0	1	0	0	X	1	0,07

Hasil penilaian biaya menunjukkan bahwa semakin besar nilai indeks, semakin baik performa alternatif dalam aspek biaya. Dalam analisis ini, penggunaan pipa *corrugated HDPE* memiliki nilai indeks 0,13, mengindikasikan bahwa metode ini memiliki efisiensi biaya yang cukup baik. Kemudian alternatif menggunakan *u-ditch*. dengan nilai indeks 0,2.

Alternatif pipa baja, dengan nilai indeks biaya 0, menunjukkan bahwa metode ini miliki biaya yang paling besar dari semua alternatif lainnya. Kemudian untuk desain awal menggunakan pipa RCP, dengan nilai indeks biaya 0,27. Sementara itu. pipa buis beton memperoleh nilai indeks biaya tertinggi yaitu 0,33, menandakan bahwa metode ini memiliki performa biaya yang efisien.

Pilihan terakhir, pipa CSP memiliki nilai indeks biaya tertinggi kedua setelah pipa baja yaitu 0,07. Hasil penilaian ini memberikan pandangan penting kepada para pengambil keputusan dalam mempertimbangkan faktor biaya dalam memilih metode konstruksi yang sesuai dengan kebutuhan dan anggaran proyek saluran drainase.

Tabel 4. 24 Indeks Metode Kerja

Alternatif	HDPE	*U-ditch*	Pipa Baja	Pipa RCP	Pipa Buis Beton	Pipa CSP	Jumlah	Indeks
HDPE	X	1	1	1	1	1	5	0,33
U-ditch	0	X	1	0	0	1	2	0,13
Pipa Baja	0	0	X	0	0	0	0	0,00
Pipa RCP	0	1	1	X	0	1	3	0,20
Pipa Buis	0	1	1	1	X	1	4	0,27
Pipa CSP	0	0	1	0	0	X	1	0,07

Dari hasil yang ada untuk penilaian pada faktor metode kerja, nilai indeks tertinggi adalah pekerjaan pipa *corrugated HDPE* dengan nilai indeks 0,33. Pekerjaan *corrugated HDPE* memiliki *ranking* pelaksanaan tertinggi dilihat dari hasil analisa pada metode kerja dan menunjukan bahwa pekerjaan buis beton menjadi alternatif dengan metode pekerjaan paling mudah dan efisien. Kemudian setelah didapatkan nilai indeks pada masing-masing faktor dan alternatif, maka akan digabungkan di matriks evaluasi. Fungsi matriks evaluasi ini adalah mendukung dalam proses pengambilan keputusan dengan menggambarkan secara tegas perbandingan antara berbagai alternatif berdasarkan kriteria yang relevan. Matriks evaluasi dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. 25 Matriks Evaluasi

No	Alternatif	Kriteria			total	*Ranking*
		Waktu	Biaya	Metode Kerja		
		16,67	50,00	33,33		
1	Pipa HDPE	0,20	0,13	0,33		
		3,33	6,67	11,11	21,11	3
2	*U-ditch*	0,07	0,20	0,13		
		1,11	10,00	4,44	15,56	4
3	Pipa Baja	0,00	0,00	0,00		
		0,00	0,00	0,00	0,00	6
4	Pipa RCP	0,13	0,27	0,20		
		2,22	13,33	6,67	22,22	2
5	Pipa Buis Beton	0,27	0,33	0,27		
		4,44	16,67	8,89	30,00	1
6	Pipa CSP	0,33	0,07	0,07		
		5,56	3,33	2,22	11,11	5

Contoh perhitungan

Y = Bobot×Indeks

Y = 16,67×0,2

= 3,33

∑Y = 3,33+6,67+11,11

= 21,11

Dari matrik evaluasi yang dilakukan, pipa buis beton mendapatkan *ranking* 1. Sedangkan pipa baja menjadi *ranking* ke 6 untuk peringkat alternatif yang ada. Kemudian untuk desain awal menggunakan *reinforced concrete pipa* berada di peringkat ke 2. Hal ini menunjukan bahwa ada alternatif yang lebih baik dibandingkan desain awal dari segi waktu. biaya dan metode kerja. Alternatif buis beton bisa di ambil sebagai alternatif pengganti. Penggunaan buis beton mendapatkan biaya sebesar Rp 103.342.329,82. Sedangkan desain awal desain awal yang direncanakan yaitu *reinforced concrete pipe* dengan biaya sebesar Rp327.355.915,40. Maka didapat penghematan biaya sebesar Rp224.013.586 dengan persentase penghematan biaya sebesar 68,43%. dilihat dari penghematan yang cukup besar. maka alternatif buis beton menjadi alternatif yang baik untuk menggantikan *reinforced concrete pipe*. Pipa buis beton. telah terbukti menjadi solusi efektif untuk digunakan sebagai saluran drainase. Terdapat beberapa refrensi mengenai penggunaan pipa beton tanpa tulangan yang dilakukan di Bandung pada tahun 2021 yang melaksanakan pekerjaan penggunaan pipa beton tanpa tulangan dalam proyek saluran drainase. Penerapan ini menunjukkan keandalan dan keefisienan pipa beton tanpa tulangan dalam mengatasi kebutuhan drainase di lingkungan urban. Kelebihan pipa beton tanpa tulangan, seperti tahan lama, kekuatan struktural yang cukup baik, kemampuan menahan tekanan air,

berkontribusi pada efisiensi dan kualitas proyek drainase dan juga murah. Dengan contoh sukses ini, penggunaan pipa beton tanpa tulangan dalam proyek saluran drainase menjadi salah satu opsi yang layak dipertimbangkan dalam pekerjaan proyek drainase dan gorong-gorong.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengumpulan. pengolahan dan pembahasan data didapat kesimpulan sebagai berikut.

a. Berdasarkan hasil analisis Pareto yang dilakukan didapatkan 2 item pekerjaan yang dapat dilakukan pengoptimasian biaya. Item pekerjaan tersebut adalah pekerjaan pemasangan *box culvert* dan pemasangan pipa *reinforced concrete pipe* diameter 60 cm. Dua item pekerjaan tersebut masuk dalam konsep analisis Pareto dengan memiliki persentase biaya 85% dari 33% pekerjaan dari keseluruhan pekerjaan yang ada.

b. Berdasarkan 2 item pekerjaan yang ada dipilih pipa *reinforced concrete pipe* diameter 60 cm untuk dilakukan optimasi biaya. Pemilihan ini dikarenakan pembatasan pemilihan item pekerjaan yang tidak memerlukan perhitungan struktur. Alternatif tersebut terdiri dari. pembuatan saluran drainase menggunakan *corrugated HDPE, u-ditch,* pipa baja, pipa buis beton dan pipa *corrugated steel pipe*.

c. Setelah analisis menggunakan metode *zero one* dengan memperhitungan 3 faktor yaitu waktu, biaya dan metode kerja didapatkan alternatif dengan *ranking* tertinggi yaitu menggunakan alternatif buis beton. Didapatkan biaya pemasangan buis beton sebesar Rp103.342.329,82. Sedangkan desain awal desain awal yang direncanakan yaitu *reinforced concrete pipe* dengan biaya sebesar Rp327.355.915,40. Maka didapat penghematan biaya sebesar Rp224.013.586 dengan persentase penghematan biaya sebesar 68,43%.

5.2 Saran

Dari analisis yang telah dilakukan dapat diberikan beberapa saran yang diharapkan berguna untuk optimasi biaya Pembangunan proyek yaitu.

a. Untuk penelitian selanjutnya, perlu adanya penambahan variasi analisis perhitungan struktur terhadap penghematan biaya. Sehingga dapat dihasilkan hasil alternatif yang tepat dalam optimasi biaya pekerjaan drainase.

b. Perlu adanya penambahan kriteria penilaian lainnya seperti mutu pada masing-masing alternatif sehingga dapat dihasilkan penilaian yang lebih mendetail dan mendapatkan hasil alternatif yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Ghafri dan Arif. M. (2016). *The Importance Of Cost Management In Construction Projects. Lap Lambert Academic Publishing.*

Alison Dyksta (2015). *Construction Project Management: A Complete Introduction.* Wiley

Arum, G. (2018). Laporan Tugas Akhir Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Dan Tahapan Pelelangan Pembangunan Gedung Kantor Operasional Bawen PT Trans Marga Jateng. Semarang: Universitas Semarang.

Basari, R. (2022). Jurnal Harga Satuan Bahan Bangunan Konstruksi dan Interior Edisi 40. Pandu Bangun Persada Nusantara

Beton Elemenindo Perkasa (2022). https://beton.co.id/id/produk/pipa-beton/, diakses pada tanggal 17 Agustus jam 15.00 WIB.

Chatterjee, S. (2019). *Cost Optimization In Business*. Springer.

Hafnidar, A. R. (2022). Konsep *Value Engineering* Dalam Manajemen Proyek Konstruksi. Sleman: Deepublish Publisher.

Harmoko, Mandiyo Priyo dan Yoga Apriyanto Harsoyo. (2016). Aplikasi *Value Engineering* Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Tebat Gheban Kota Pagar Alam). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Kusumosusanto. J.W. (2022). Buku Saku Petunjuk Konstruksi Drainase Dan Irigasi. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.

Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan (2017). Kamus Besar Bahasa Indonesia, Edisi Kelima. Jakarta: Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan.

Khamistan.Rekayasa Nilai Pada Pekerjaan Drainase Kota Banda Aceh Zona 6 Panteriek Banda Aceh. Jurnal BISSOTEK Vol 6 No.1.

Mariyah. S, dan Sari. D. (2020). Analisis Perubahan Nilai Proyek Konstruksi. Jurnal Sipil Dan Desain.

Megaconconcrete (2018). https://megaconconcrete.com/pengertian-pipa-beton/, diakses pada tanggal 17 Agustus jam 15.00 WIB

Metalculverts (2018). https://metalculverts.com/technical-information/, diakses pada tanggal 17 Agustus jam 15.00 WIB.

Nadia Diandra dkk. (2023) *Cost Estimation Modeling of Shophouse Building Structural Elements With Variations in Span.* Journal of Civil Engineering, Building and Transportation, 2549-6379

Nugraha, A.H. (2018) Perencanaan Anggaran Biaya Proyek Konstruksi Menggunakan Software. Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan, 42-47.

Pinto, J.K (2017). *Critical success factors in project management. In Handbook of project management*,215-234

Putra, H. N. (2018). Analisis *Value Engineering* Pada Pondasi Jembatan (Studi Kasus: Proyek Jembatan Kali Cengger Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga Boyolali Sesi Ampel-Boyolali). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Putri, F. A. (2020). Penerapan *Value Engineering* Pada Proyek Peningkatan Jalan (Studi Kasus Jalan Lingkar Timur, Kab.Sidoarjo, Jawa Timur). Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Radita Aulia Ainayyah, dan Rhomaita. (2022). Penerapan *Value Engineering* Pada Proyek Jembatan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Progo-Kranggan, CS). Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.

Rucika (2019). https://www.rucika.co.id/apakah-anda-tahu-kegunaan-dari-kelas-aw-dan-d-pada-pipa-pvc-rucika/, diakses pada tanggal 17 Agustus jam 15.00 WIB.

SAVE International. (2020). SAVE International Value Methodology Standard 2020 Edition.

Sigit Dwi Prasetyo dan Sulardi (2014) Perencanaan Beban Dorong Pada *Box Underpass*. Jurnal Desain Konstruksi Volume 13 No 2, 137-150

Sunarto dan Heru Santoso WN. (2020). Buku Saku Analisis Pareto. Surabaya: Poltekkes Kemenkes Surabaya.

Sutadi, G. (2012). Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.

Virginia Marcelin Mokolensang, Tisano Tj. Arsjad, dan Grace Y. Malingkas. (2021). Analisis Rencana Anggaran Biaya Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Papua 1 Di Distrik Muara Tami Kota Jayapura Provinsi Papua. Jurnal Sipil Statik, 619-624.

Yessy, N. M., Jeffry S. F. Sumarauw, dan Hanny Tangkudung. (2020). Tinjauan Sistem Saluran Drainase Di Jalan Hasanudin Dalam Kecamatan Tuminting Kota Manado. Jurnal Sipil Statik, 361-374.

LAMPIRAN 1

Rencana Anggaran Biaya

Lampiran 1. Rencana Anggaran Biaya

MATA PEMBAYARAN	URAIAN	SATUAN	RAB			
			Volume	Harga Satuan	Total Biaya	Bobot (%)
a	b	c	d	e	f	g
BAB I	**UMUM**					
1.1	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	ls	1.00	417.377.300	417.377.300	0.49%
1.2	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	ls	1.00	73.657.900	73.657.900	0.09%
1.3	Mobilisasi dan Demobilisasi	ls	1.00	171.523.200	171.523.200	0.20%
1.4	Manajemen Mutu	ls	1.00	133.982.300	133.982.300	0.16%
1.5	Penyelidikan Tanah	titik	2.00	129.451.500	258.903.000	0.31%
1.6	Engineering Services	ls	1.00	194.177.200	194.177.200	0.23%
1.7	Temporary site office	ls	1.00	346.929.800	346.929.800	0.41%
1.8	Gudang penyimpanan material	ls	1.00	97.088.600	97.088.600	0.11%
1.9	Tempat tinggal pekerja dan transportasi	ls	1.00	187.704.600	187.704.600	0.22%
1.10	Instalasi air bersih dan PLN	ls	1.00	116.506.300	116.506.300	0.14%
1.11	Asuransi Jamsostek	ls	1.00	97.088.600	97.088.600	0.11%
	TOTAL BAB I				**2.094.938.800**	**2.47%**

Lampiran 1. Rencana Anggaran Biaya

BAB II	**PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN**					
2.1	Pembersihan dan Pengupasan Lahan	m2	3.780.00	16.000	60.480.000	0.07%
2.2	Galian Struktur < 2m	m3	3.093.92	85.600	264.839.552	0.31%
2.3	Galian Struktur > 2m s.d. < 4m	m3	4.093.92	813.500	3.330.403.920	3.93%
2.4	Galian Struktur > 4m	m3	12.298.33	813.500	10.004.691.455	11.82%
2.5	Timbunan Pilihan dari Galian	m3	13.234.53	310.700	4.111.968.260	4.86%
2.6	Timbunan kembali berbutir (Granular Backfill)	m3	5.251.64	552.400	2.901.006.312	3.43%
2.7	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	m3	95.04	85.600	8.135.424	0.01%
2.8	Getoextile Woven. fs = 15 kN/m	m2	6.559.20	41.700	273.518.640	0.32%
	TOTAL BAB II				**20.955.043.562**	**24.75%**
BAB III	**PEKERJAAN DRAINASE DAN GORONG-GORONG**					
3.1	Pemasangan Pipa RCP Dia. 60 cm	m'	264.00	1.239.985	327.355.915	0.39%
3.2	Pemasangan Box Culvert Ukuran 2x2m	m'	140.00	8.322.325	1.165.125.500	1.38%
3.3	Dreck drain	buah	28.00	956.800	26.790.400	0.03%
3.4	Pemasangan Pipa RCP Dia. 40 cm	m'	30.00	502.806	15.084.165	0.02%
3.5	Pipa Penyalur PVC Dia. 6" Tipe AW	m'	220.50	549.800	121.230.900	0.14%
3.6	Kansteen	m'	441.00	241.500	106.501.500	0.13%
	TOTAL BAB III				**1.762.088.380**	**2.08%**

Lampiran 1. Rencana Anggaran Biaya

BAB IV	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH					
4.1	Pekerjaan Beton Fc' 10 Mpa (Lean Concrete)	m3	142.15	1.113.300	158.255.595	0.19%
4.2	Pekerjaan Beton Fc' 25 Mpa					
4.2.a	Pekerjaan Beton Fc' 25 Mpa (Pilecap Abutment)	m3	1.137.12	1.426.800	1.622.442.816	1.92%
4.2.b	Pekerjaan Beton Fc' 25 Mpa (Abutment)	m3	1.184.02	1.845.900	2.185.583.773	2.58%
4.2.c	Pekerjaan Beton Fc' 25 Mpa (Wingwall)	m3	197.90	2.369.800	468.983.420	0.55%
4.2.d	Pekerjaan Beton Fc' 25 Mpa (Plat Injak)	m3	78.00	1.566.500	122.187.000	0.14%
4.2.e	Pekerjaan Beton Fc' 25 Mpa (Lantai Trotoar)	m3	137.39	1.597.100	219.431.239	0.26%
4.3	Pekerjaan Beton Struktur Fc' 30 Mpa					
4.3.a	Pekerjaan Beton Struktur Fc' 30 Mpa (Borepile)	m3	2.828.57	1.649.900	4.666.857.643	5.51%
4.3.b	Pekerjaan Beton Struktur Fc' 30 Mpa (Pilecap Pier)	m3	1.276.80	1.512.000	1.930.521.600	2.28%
4.3.c	Pekerjaan Beton Struktur Fc' 30 Mpa (Pier)	m3	1.455.80	1.671.200	2.432.932.960	2.87%
4.3.d	Pekerjaan Beton Struktur Fc' 30 Mpa (Pier Head)	m3	1.053.00	2.667.100	2.808.456.300	3.32%
4.3.e	Pekerjaan Beton Struktur Fc' 30 Mpa (Slab)	m3	659.30	1.570.400	1.035.356.868	1.22%
4.3.f	Pekerjaan Beton Struktur Fc' 30 Mpa (Median)	m3	53.47	1.758.200	94.013.152	0.11%
4.3.g	Pekerjaan Beton Struktur Fc' 30 Mpa (Parapet)	m3	90.85	1.868.800	169.773.005	0.20%
4.4	Tiang Bor Beton. diameter 1000 mm	m'	2.280.00	1.693.500	3.861.180.000	4.56%
4.5	Baja Tulangan Polos-BjTP 280	kg	145.61	16.300	2.373.443	0.00%
4.6	Baja Tulangan Sirip BjTS 420B	kg	1.080.208.24	16.300	17.607.394.312	20.80%
	TOTAL BAB IV				**39.385.743.125**	**46.53%**

Lampiran 1. Rencana Anggaran Biaya

BAB V	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS					
5.1	Penyediaan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 20.6m. Tinggi 1.6m	buah	24.00	91.433.300	2.194.399.200	2.59%
5.2	Penyediaan Unit Beton Pracetak Bulp Tee Panjang 60.8m. Tinggi 2.3m	buah	10.00	818.808.700	8.188.087.000	9.67%
5.3	Pemasangan Unit Pracetak Gelagar Tipe I Bentang 20.6m. Tinggi 1.6m	buah	24.00	87.548.100	2.101.154.400	2.48%
5.4	Pemasangan Unit Beton Pracetak Bulp Tee Panjang 60.8m. Tinggi 2.3m	buah	10.00	519.244.300	5.192.443.000	6.13%
5.5	Beton Pratekan untuk Diafragma fc' 45 MPa	m3	118.50	3.164.600	375.005.100	0.44%
5.6	Penyediaan Panel Full Depth Slab Gelagar Tipe I (1.8m x 1m)	buah	462.00	625.300	288.888.600	0.34%
5.7	Pemasangan Panel Full Depth Slab Gelagar Tipe I (1.8m x 1m)	buah	462.00	222.200	102.656.400	0.12%
	TOTAL BAB IV				**18.442.633.700**	**21.79%**

Lampiran 1. Rencana Anggaran Biaya

BAB VI	**PEKERJAAN PERKERASAN**					
6.1	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair / Emulsi	liter	3.969.00	19.500	77.395.500	0.09%
6.2	Lapis Perekat - Aspal Cair / Emulsi	liter	3.969.00	19.500	77.395.500	0.09%
6.3	Laston Lapis Aus (AC-WC)	ton	253.58	1.941.800	492.391.935	0.58%
6.4	Laston Lapis Antara (AC-BC)	ton	304.29	1.812.400	551.495.196	0.65%
6.5	Marka Jalan Termoplastik	m2	79.38	284.800	22.607.424	0.03%
6.6	Sambungan Siar Muai Tipe Asphaltic Plug. Fixed	m'		3.033.700	-	0.00%
6.7	Landasan Elastomerik Karet Alam Berlapis Baja Ukuran 480 mm x 380 mm x 68mm	buah	48.00	2.252.500	108.120.000	0.13%
6.8	Landasan Elastomerik Karet Alam Berlapis Baja Ukuran 600 mm x 450 mm x 135mm	buah	20.00	6.653.900	133.078.000	0.16%
	TOTAL BAB VI				**1.462.483.555**	**1.73%**
BAB VII	**PEKERJAAN LAIN-LAIN**					
7.1	Commissioning Load Test (Tes Dinamik)	buah	1.00	323.628.600	323.628.600	0.38%
7.2	Pengujian Crosshole sonic logging (CSL) pada Tiang bor beton diameter 1000 mm	buah	2.00	38.835.500	77.671.000	0.09%
7.3	Pengujian Pembebanan Dinamis Jenis PDLT (Pile Dynamic Load Testing) pada Tiang ukuran / diameter 350 mm	buah	8.00	12.945.200	103.561.600	0.12%
7.4	Pengujian Keutuhan Tiang dengan Pile Integrated Test (PIT)	buah	6.00	7.767.100	46.602.600	0.06%
	TOTAL BAB VII				**551.463.800**	**0.65%**
GRAND TOTAL					**84.654.394.923**	**100.00%**

LAMPIRAN 2

Hasil Wawancara

Lampiran 2. Hasil Wawancara

Tujuan Wawancara : Memperoleh Informasi Alternatif

Nama Responden : Hanif Aulian Fiery

Jabatan : Quantity Surveyor

Pendidikan : S-1

Pengalaman Kerja : 5 tahun

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Apakah alternatif yang ada dapat menggantikan desain awal? (*Corrugated HDPE*, *U-ditch*, Pipa Baja, Pipa Buis Beton, Pipa *Corrugated Steel Pipe*)	Sudah dapat dijadikan alternatif pengganti.
2	Manakah urutan pekerjaan dalam metode kerja yang lebih mudah dan cepat? Termasuk desain awal	Pipa HDPE, pipa buis beton, pipa u-ditch, pipa CSP dan pipa Baja. Pipa RCP cukup mudah setelah buis beton.
3	Manakah urutan kriteria penilaian yang paling penting dalam proyek? (Waktu, Biaya, Metode Kerja)	Karna pengoptimasian biaya, maka biaya pertama, kemudian metode kerja kemudian waktu.

Hanif Aulian Fiery

Lampiran 2. Hasil Wawancara

Tujuan Wawancara : Memperoleh Informasi Alternatif

Nama Responden : Jermias Ravi Lenahatu

Jabatan : Quantity Surveyor

Pendidikan : S-2 Teknik Sipil

Pengalaman Kerja : 6 tahun

No	Pertanyaan	Jawaban
1	Apakah alternatif yang ada dapat menggantikan desain awal? (*Corrugated HDPE*, *U-ditch*, Pipa Baja, Pipa Buis Beton, Pipa *Corrugated Steel Pipe*)	Boleh dijadikan alternatif
2	Manakah urutan pekerjaan dalam metode kerja yang lebih mudah dan cepat? Termasuk desain awal	1. Pipa HDPE 2. Pipa buis beton 3. Pipa RCP 4. Pipa u-ditch 5. Pipa CSP 6. Pipa Baja
3	Manakah urutan kriteria penilaian yang paling penting dalam proyek? (Waktu, Biaya, Metode Kerja)	7. Biaya. 8. Metode Kerja 9. Waktu

Jermias Ravi Lenahatu

Lampiran 2. Hasil Wawancara

Tujuan Wawancara : Memperoleh Informasi Alternatif

Nama Responden : Bagas Syarifudin

Jabatan : Quantity Surveyor

Pendidikan : S-1

Pengalaman Kerja : 5 tahun

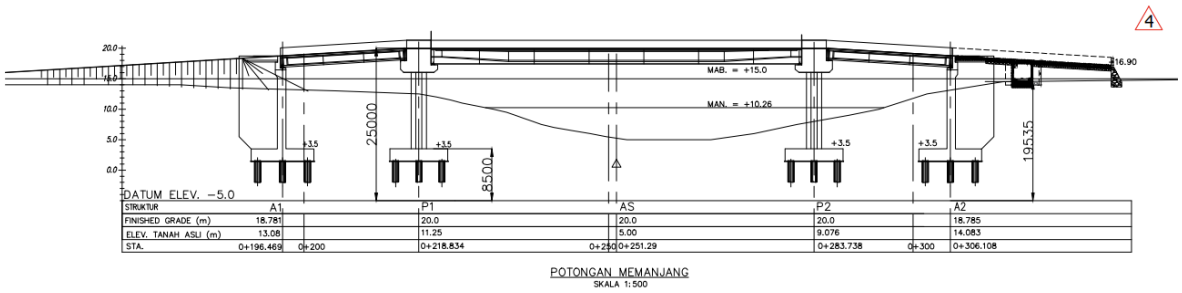
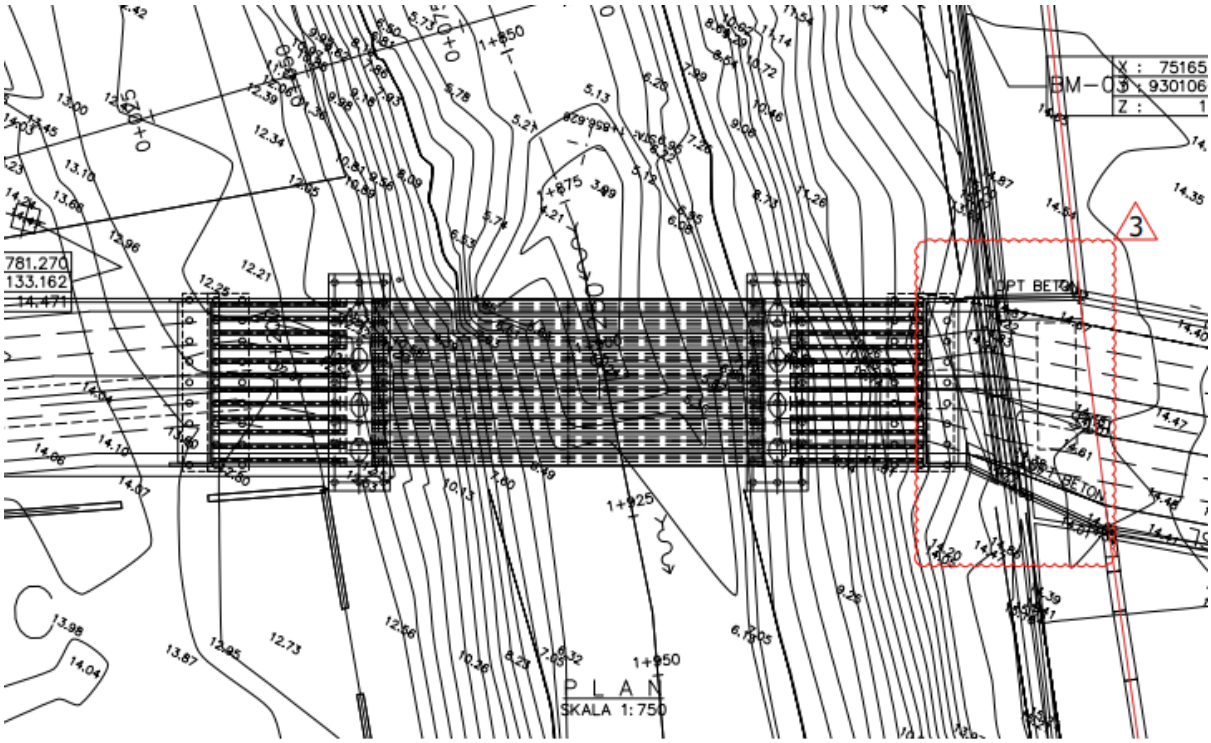
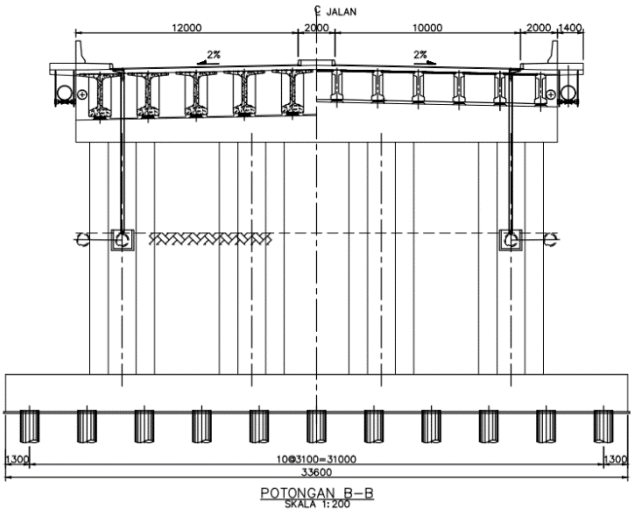
No	Pertanyaan	Jawaban
1	Apakah alternatif yang ada dapat menggantikan desain awal? (*Corrugated HDPE*, *U-ditch*, Pipa Baja, Pipa Buis Beton, Pipa *Corrugated Steel Pipe*)	Bisa dijadikan alternatif
2	Manakah urutan pekerjaan dalam metode kerja yang lebih mudah dan cepat? Termasuk desain awal	Pertama pipa HDPE, lalu pipa buis beton kemudian desain awal. kemudian pipa u-ditch, pipa CSP dan terakhir pipa Baja.
3	Manakah urutan kriteria penilaian yang paling penting dalam proyek? (Waktu, Biaya, Metode Kerja)	Biaya sudah jelas. Kemudian metode dan waktu

Bagas Syarifudin

LAMPIRAN 3

Gambar Kerja

Lampiran 3. Gambar Kerja



STRUKTUR	A1		P1	A5	P2		A2
FINISHED GRADE (m)	18.781		20.0	20.0	20.0		18.785
ELEV. TANAH ASLI (m)	13.08		11.25	5.00	9.076		14.083
STA.	0+196.469	0+200	0+218.834	0+250	0+251.29	0+283.738	0+300	0+306.108