

PENERAPAN VALUE ENGINEERING PADA PROYEK PEMBANGUNAN PRASARANA PENGENDALI BANJIR TUKAD MATI

**I Gusti Agung Adnyana Putera¹, I Putu Gustave Suryantara Pariartha¹, I Made
Krisna Udiana²**

¹*Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia
Email: apute@unud.ac.id*

²*Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar, Bali, Indonesia*

ABSTRAK

Balai Wilayah Sungai Bali-Penida (BWS Bali-Penida) menggalakan Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir Tukad Mati pada tahun 2017 sebagai bagian dari upaya pemerintah untuk mengatasi seringnya banjir yang terjadi di wilayah Kabupaten Badung dan Kota Denpasar. Proyek tersebut direncanakan selesai dalam 2 tahun (2018 s/d 2019) dengan biaya mencapai 450 miliar rupiah. Ketika proyek berlangsung, proyek dengan dana yang besar memiliki kompleksitas yang tinggi dan berisiko terjadinya perubahan biaya. Dalam upaya melakukan optimalisasi desain, salah satunya dapat dilakukan rekayasa nilai (*value engineering*). *Value engineering* memberikan alternatif-alternatif desain atau produk yang memiliki biaya lebih rendah namun dengan fungsi dan kualitas yang sama dengan desain awal. Metode penelitian ini menggunakan tahapan *job plan value engineering* yaitu tahap informasi, tahap kreatif, tahap analisa dan tahap rekomendasi. Pekerjaan yang layak dianalisis dengan teknik nilai berbasis Pareto adalah Pekerjaan Beton Struktur Tanggul K-300. Dari hasil *brainstorming* akhirnya memunculkan 3 alternatif desain yaitu Tanggul CCSP, DPT *Counterfort* dan DPT Beton Modular. Penilaian terhadap kriteria dan masing-masing alternatif menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hasil analisis menunjukkan alternatif 2 yaitu DPT *Counterfort* sebagai alternatif terbaik dari yang lainnya dengan bobot B/C *ratio* sebesar 1,542. Alternatif DPT *Counterfort* mampu menghemat biaya sebesar Rp. 34.048.777.533,82 atau dalam prosentase 40 % terhadap desain awal dan 7,74 % terhadap biaya total proyek.

Kata kunci: *value engineering, tukad mati, tanggul*

APPLICATION OF VALUE ENGINEERING IN THE TUKAD MATI FLOOD CONTROL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT PROJECT

ABSTRACT

Balai Wilayah Sungai Bali-Penida (BWS Bali-Penida) carried out the construction of Tukad Mati Flood Control Infrastructure to overcome flooding that occurred in Badung Regency and Denpasar. This project is planned to be completed in 2 years (2018 to 2019) costs of 450 billion IDR. When a project is underway, a project with a large budget has a high level of complexity and the risk of cost inflation. Therefore, to carry out development with a sufficiently large allocation of funds, it is necessary to consider design optimization. One way to do design optimization by doing value engineering. Value engineering can provide an alternative design / product at a lower cost, but with the same quality. This research method uses the job plan value engineering phase, there are information phase, creative phase, analysis phase and recommendation phase. The work item that deserves to be analyzed by value engineering based on the Pareto diagram is the Embankment Structure Concrete Work. From the results of brainstorming, finally 3 designs alternative emerged, there are Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP), Counterfort Retaining Wall and Concrete Modular Retaining Wall. Assessment of the criteria and each alternative using Analytical Hierarchy Process (AHP). The results of the analysis show that Counterfort Retaining Wall as the best alternative from the others with a weight B/C ratio of 1,533. This alternative is able to save costs of Rp. 34,048,777,533.82 or 40 % from the initial design and 7.74% of total project cost.

Keywords: *value engineering, tukad mati, embankment*

1 PENDAHULUAN

Balai Wilayah Sungai Bali-Penida (BWS Bali-Penida) menggagas Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir Tukad Mati pada tahun 2017 sebagai bagian dari upaya pemerintah untuk mengatasi seringnya banjir yang terjadi di wilayah Kabupaten Badung dan Kota Denpasar. Proyek tersebut direncanakan selesai dalam waktu 2 tahun (2018 s/d 2019) dengan biaya sebesar 450 miliar rupiah. Pemerintah menggelontorkan biaya yang sangat besar untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan untuk mengatasi permasalahan yang timbul di masyarakat. Ketika proyek berlangsung, biaya yang besar dari pemerintah sering menjadi kendala. Proyek dengan dana yang besar memiliki kompleksitas yang tinggi dan berisiko terjadinya perubahan biaya. Dengan memahami kondisi ekonomi saat ini, untuk mengarah pada pengembangan proyek dengan alokasi dana yang signifikan, perlu dipertanyakan apakah penggunaannya sudah optimal (Mahyuddin, 2020). Usaha optimalisasi harus dilakukan untuk meninjau proyek, hal ini memungkinkan untuk dilakukan sambil meminimalkan biaya yang tidak perlu (Dharmayanti et al., 2007).

Ada beberapa faktor yang menyebabkan timbulnya biaya yang tidak perlu pada proyek. Faktor yang umum terjadi adalah keterbatasan waktu dalam melakukan studi, keterbatasan kemampuan personil saat mempersiapkan perencanaan (Sabri, 2011). Pemilihan desain dan metode yang tidak tepat membuat implementasi proyek tidak efisien. Cara yang paling efektif untuk menganalisa biaya proyek adalah dengan melakukan *value engineering*. *Value engineering* memberikan alternatif – alternatif desain atau produk yang memiliki biaya lebih rendah namun dengan fungsi dan kualitas yang sama dengan desain awal.

Dharmayanti et al., (2007) melakukan penelitian tentang *value engineering* dalam proyek koonstruksi dan menemukan rata-rata mereka mampu menghemat 22.71% pada proyek pembangunan villa di kawasan Ubud. Penerapan *value engineering* pada tanggul Tukad Badung juga pernah dilakukan dan memperoleh efisiensi biaya sebesar 32.11% (Mashuri et al., 2019). Hal itu semakin menguatkan pendapat bahwa penting untuk dilakukan hal yang sama pada Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir Tukad Mati. Besaran penghematan biaya yang akan diperoleh dapat di alokasikan untuk biaya pekerjaan yang lain.

2 VALUE ENGINEERING

Value engineering merupakan adalah pendekatan inovatif dengan tujuan mengoptimalkan biaya dan produktivitas layanan. Menurut Zimmerman dalam Ir. Abrar Husen, (2011), *value engineering* adalah teknik manajemen yang memberikan hasil dengan mengadopsi pendekatan terstruktur untuk memperoleh keuntungan operasional dan finansial. Menurut SAVE dalam Azis et al., (2016) rekayasa nilai adalah proses sistematis untuk mengevaluasi fitur dari suatu produk atau layanan untuk meningkatkan fungsionalitasnya. Kesimpulannya, *value engineering* adalah metode mengevaluasi suatu produk yang menjelaskan teknologi dan harga suatu produk untuk memberikan keunggulan kompetitif kepada klien.

2.1 Konsep Value Engineering

Berawi (2014) menggambarkan rekayasa nilai sebagai proses evaluasi biaya produk atau jasa dengan tetap memperhatikan prinsip-prinsip teknis. Teknik ini digunakan untuk mengurangi biaya sebanyak mungkin dengan mendapatkan jumlah keuntungan yang sama. Strategi *value engineering* selalu didasarkan pada fungsi yang dibutuhkan serta hasil/manfaat yang dihasilkan.

2.1.1 Nilai

Perbedaan antara nilai (*value*) dan biaya (*cost*) seringkali terabaikan. Jika ditelaah lebih jauh, maka akan dapat dilihat nilai dan biaya memiliki makna yang berbeda. Karena poin poin berikut, perspektif antara nilai dan biaya bisa dibedakan seperti:

1. Nilai dapat ditentukan berdasarkan fungsi atau manfaatnya terhadap pengguna. Sedangkan biaya ditentukan oleh jumlah yang dikeluarkan untuk memproduksi atau memelihara produk tersebut.
2. Dalam menentukan nilai dilakukan secara subyektif atau berdasarkan perspektif pengguna. Selanjutnya untuk menentukan biaya menurut perspektif produsen, tergantung dari jumlah biaya yang dikeluarkan untuk menciptakan sebuah produk.

Kita dapat meningkatkan nilainya dengan meningkatkan fungsionalitas, tetapi bukan biayanya. Atau, kita dapat mengurangi biaya sambil mempertahankan fitur dan manfaat yang dimiliki.

2.1.2 Biaya

Biaya adalah jumlah dari semua usaha dan biaya untuk mengembangkan dan membuat suatu produk. Tolok ukur atau perbandingan untuk mengukur fakta yang dikumpulkan selama fase informasi juga memerlukan analisis biaya rekayasa nilai. Analisis biaya menjadi lebih penting karena rekayasa nilai bertujuan untuk menentukan hubungan antara fungsionalitas aktual dan biaya yang dibutuhkan dan untuk memberikan bantuan pengambilan keputusan untuk tugas berikutnya yang diperlukan.

2.1.3 Fungsi

Memahami arti sebuah fitur sangat penting dalam pembelajaran value engineering, karena merupakan target biaya utama. Cara termudah untuk mengidentifikasi fungsi adalah dengan menggunakan kata kerja dan kata benda. Sistem ini memiliki berbagai fitur yang dapat dibagi menjadi dua kategori:

1. Fungsi dasar merupakan indikator utama bagaimana suatu sistem dapat diaktifkan.
2. Fungsi kedua adalah mekanisme yang tidak dapat digunakan terus menerus untuk menghilangkan fungsi utama tetapi sangat dibutuhkan untuk meningkatkan fungsi dasar.

2.2 Tahapan Value Engineering

Sebuah fitur dari rekayasa nilai adalah memiliki langkah-langkah analitis yang dapat dilakukan secara sistematis dan memberikan informasi yang dapat diandalkan. Setiap tahapan dalam analisis *value engineering* saling berhubungan satu sama lain. Para ahli memiliki pendapat masing-masing terhadap tahapan analisis *value engineering*, namun konsep dalam melakukannya sama. Menurut beberapa ahli, tahapan *value engineering* setidaknya terdiri dari empat tahapan, yaitu:

2.2.1 Tahap Informasi

Pada tahap informasi usaha yang dilakukan adalah mengumpulkan seluruh informasi yang berkaitan dengan proyek, antara lain biaya proyek, item pekerjaan yang menyusun proyek, fungsi dari masing-masing pekerjaan dan yang lainnya. Pada tahap informasi juga diijinkan melakukan analisis seperti *work breakdown structure*, *cost model*, diagram FAST, analisa fungsi dan distribusi Pareto. Analisis dilakukan untuk mengetahui item pekerjaan mana yang memiliki rekayasa nilai potensial.

2.2.2 Tahap Kreatif

Fase kreatif adalah fase di mana alternatif diidentifikasi ketika melakukan analisis rekayasa nilai komponen proyek. Alternatif yang diusulkan dapat diperoleh melalui pengurangan komponen, penyederhanaan, atau upaya modifikasi dengan tetap mempertahankan fungsi utama objek. Alternatif ini dapat dipertimbangkan dalam hal bahan, dimensi, waktu pemasangan, biaya pemasangan, dan banyak lagi. Fase ini juga menjelaskan alasan untuk rekayasa nilai untuk setiap item dan kekuatan dan kelemahan dari masing-masing opsi yang dijelaskan. Bahkan pada tahap kreatif ini, penggunaan imajinasi dan munculnya ide-ide baru dipraktikkan tanpa mempertimbangkan aspek praktis atau sulitnya implementasi.

Pembuatan ide dapat dikembangkan lebih luas dengan melakukannya dalam sebuah kelompok yang anggotanya dari bidang kerja yang berbeda. Teknik penggalan ide untuk penyelesaian masalah dapat dilakukan dengan cara berikut:

1. *Brainstorming*: metode mencari ide berdasarkan proses diskusi. Kita perlu memunculkan ide kreatif sebanyak mungkin dalam diskusi. Prinsip metode ini didasarkan pada kuantitas ide daripada kualitas dan tidak harus mengevaluasi ide yang diajukan.
2. *The Gordon Technique*: adalah teknik yang lebih kompleks daripada *brainstorming*. Proses ini membutuhkan sikap kritis dalam *brainstorming* dan pengalaman teknis yang lebih dalam. Fokus dari teknik ini adalah untuk menghasilkan sejumlah kecil ide, tetapi dapat memberikan solusi untuk masalah tersebut.

2.2.3 Tahap Analisa

Tahap analisis adalah tahap dimana dilakukan analisis terhadap alternatif-alternatif yang digunakan pada item pekerjaan, baik dari segi analisis biaya bangunan maupun biaya tenaga kerja. Pada tahap ini, pro dan kontra dianalisis. Ini adalah cara untuk mengevaluasi / memilih setiap ide kreatif yang diajukan. Setiap alternatif akan dinilai berdasarkan kriteria yang diberikan, kemudian diberikan penilaian berdasarkan skala penilaian. Setelah melakukan penilaian kemudian dilakukan analisis secara matriks menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sampai pada penentuan rangking. Setiap alternatif dalam analisis ini juga memperhitungkan *Life Cycle Cost*. Perhitungan tersebut bertujuan agar alternatif yang dimenangkan agar layak dilaksanakan untuk jangka panjang (selama umur rencana bangunan). Proses akhir pada fase ini nantinya dapat diketahui alternatif terbaik yang dapat digunakan dalam item pekerjaan bangunan tersebut.

2.2.4 Tahap Rekomendasi

Tahap rekomendasi membahas perencanaan awal item pekerjaan yang dilakukan oleh *value engineering*, dasar pertimbangan dalam memilih proposal terbaik, proposal atau alternatif terbaik, dan nilai penghematan yang dihasilkan oleh proposal terpilih.

3 METODE

Lokasi yang diambil dalam memperoleh data-data penelitian ini adalah di Proyek Pembangunan Infrastruktur Pengendali Banjir Tukad Mati di Kabupaten Badung dan Kota Denpasar. Metode penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dengan menggunakan tahapan *job plan* yang telah terstruktur secara sistematis. Penelitian diawali dengan pengumpulan data primer maupun sekunder. Data yang dikumpulkan dianalisis selama

fase informasi. Fase informasi menunjukkan langkah kerja mana yang mahal dan dapat menghemat uang. Dalam proses analisa fungsi dibantu dengan diagram FAST, agar lebih mudah memperoleh fungsi utama dari item pekerjaan yang ditinjau. Selanjutnya dilakukan aktivitas *brainstorming* dalam mencari ide-ide alternatif desain yang dapat mengganti desain awal. Alternatif desain yang dihasilkan dievaluasi menggunakan kriteria yang ditentukan untuk mengetahui kekuatan dan kelemahan masing-masing alternatif. Perhitungan *Life Cycle Cost* juga dilakukan untuk mengetahui sejauh mana alternatif yang dimenangkan layak untuk diaplikasikan. Biaya siklus hidup dihitung berdasarkan biaya akuisisi, biaya operasi dan pemeliharaan (OP), dan biaya penggantian. Perhitungan biaya OP ditentukan berdasarkan asumsi yang dikalkulasikan dengan suku bunga dan tingkat inflasi pada tahun proyek. Alternatif yang diunggulkan ditentukan dengan rasio perbandingan *Benefit / Cost* tertinggi dari alternatif yang disajikan. Berdasarkan seluruh proses yang telah dilakukan, analisis berhasil memberikan informasi alternatif desain apa yang layak diaplikasikan dan seberapa besar penghematan biaya yang dapat diperoleh.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Informasi

Dalam melakukan *value engineering* harus dilakukan analisis sesuai rencana kerja (*job plan*), dan tahapan paling awal dalam *job plan* adalah tahap informasi. Menurut data primer yang diterima menyatakan bahwa proyek ini dibagi menjadi 2 segmen kerja yaitu Tukad Mati tengah dan Tukad Mati Hilir. Kegiatan utama yang dilakukan pada proyek ini adalah membangun tanggul penampang tunggal sepanjang 2,11 km dan tanggul penampang ganda 3,83 km. Pada tahap ini dilakukan pengolahan data proyek khususnya RAB untuk mengidentifikasi item-item pekerjaan yang layak mendapatkan *value engineering*. Pengelompokan pekerjaan dilakukan dengan menyusun menurut elemennya masing-masing berbentuk *cost model*. Dalam *cost model* ini dicantumkan jumlah biaya tiap sub item pekerjaan proyek Tukad Mati.

Tabel 1. Cost Model Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir Tukad Mati

No	Uraian	Jumlah Harga (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan	836.911.266,00
II	Pekerjaan Tanah	21.736.272.848,19
III	Pekerjaan Struktur Tanggul	165.299.350.347,34
IV	Pekerjaan Perkuatan Dinding Penahan Existing	70.205.307.115,50
V	Pekerjaan Pelimpah	5.365.145.376,16
VI	Pekerjaan Penataan Tanggul/Jalan Inspeksi	22.788.751.373,78
VII	Pekerjaan <i>Trash Rack</i> dan Pompa	25.373.836.682,68
VIII	Pekerjaan Bendung Gerak	95.252.355.290,57
IX	Pekerjaan Kisdam/ Pengeringan	2.232.978.95,00
Total		409.090.909.252,22

Sumber: (Bali Penida, 2018)

Menurut *cost model* dalam Tabel 1 menunjukkan item pekerjaan utama yang dikerjakan pada proyek Tukad Mati. Dalam tabel tersebut dapat diketahui bahwa Pekerjaan Struktur Tanggul memiliki biaya yang paling tinggi. Oleh karena itu, item pekerjaan memiliki potensi untuk rekayasa nilai. Alasan lain mengapa pekerjaan ini dipilih adalah kesempatan untuk menyajikan alternatif desain tepi sungai.

Langkah selanjutnya adalah melakukan *work breakdown structure* (WBS). WBS ini merupakan kegiatan penjabaran item pekerjaan menjadi lebih rinci. Hal itu dilakukan untuk mengetahui item-item pekerjaan apa sajakah yang Menyusun Pekerjaan Struktur Tanggul. Item pekerjaan penyusunnya secara umum terdiri dari pekerjaan beton bertulang tanggul, pekerjaan box beton, pekerjaan paving, pekerjaan kanstin dan pekerjaan pasangan batu kali. Setelah item pekerjaan ini dijabarkan maka akan mudah dalam mencermati dan menganalisis pekerjaan mana memiliki potensi penghematan biaya terbesar. Item pekerjaan kemudian diurutkan berdasarkan bobot biaya tertinggi ke terendah seperti yang terlihat pada Tabel 2. Berdasarkan hukum Pareto, bahwa yang termasuk 20% item pekerjaan yang memiliki pengaruh biaya sebesar 80% adalah pekerjaan Beton Struktur Tanggul K-300 dan Dinding Tanggul Beton *Precast* K-400. Namun dalam penelitian ini yang ditinjau adalah pekerjaan Beton Struktur Tanggul K-300 karena pekerjaan beton *precast* telah ditentukan dalam spesifikasi teknis dan metode kerja oleh owner.

Tabel 2. Kumulatif Biaya dan Kumulatif Item Pekerjaan

No	Uraian	Jumlah Harga	Bobot Biaya (%)	Kom. Biaya (%)	Bobot Item (%)	Kom. Item (%)
III	Pekerjaan Struktur Tanggul					
1	Beton Struktur Tanggul K-300	81.701.758.629,71	49,43	49,43	10,00	10,00
9	Dinding Tanggul Beton Precast K-400	65.219.938.732,92	39,46	88,88	10,00	20,00
10	Perkuatan Pasangan Batu Existing	7.968.512.761,77	4,82	93,70	10,00	30,00
7	Pemasangan Paving Block	3.676.013.880,00	2,22	95,93	10,00	40,00
5	Pengadaan Top Bottom 100 x 300 x 120 mm	3.334.213.300,00	2,02	97,94	10,00	50,00
2	Pasangan batu kali 1 Pc : 4 Psr	2.404.458.276,87	1,45	99,40	10,00	60,00
8	Beton Kanstin K.225	762.927.660,00	0,46	99,86	10,00	70,00
3	Siaran 1 Pc : 2 Psr	169.418.773,56	0,10	99,96	10,00	80,00
6	Pemasangan Top Bottom 100 x 300 x 120 mm	33.931.700,00	0,02	99,98	10,00	90,00
4	Plesteran 1 Pc : 3 Psr	28.176.632,51	0,02	100	10,00	100
	Sub Total	165.299.350.347,34	100		100	

4.2 Analisa Fungsi

Pada tahap analisa fungsi ini, item pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan Beton Struktur Tanggul K-300. Dengan melakukan analisa fungsi ini diharapkan dapat menjelaskan fungsi utama dan fungsi pendukung dari item pekerjaan yang ditinjau. Apabila suatu komponen memiliki fungsi primer maka nilai *cost* dan *worth* adalah sama. Sedangkan jika komponen lainnya yang memiliki fungsi sekunder tidak memiliki nilai *worth*. Jumlah *cost* dan *worth* diperoleh dari harga satuan pekerjaan yang ada didalam RAB. Setelah mengidentifikasi fungsi-fungsi tersebut, maka dapat ditentukan berapa besar biaya (*cost*) dan manfaat (*worth*). Kedua nilai tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui besar rasio *cost / worth*.

Tabel 3. Rasio Cost per Worth Pekerjaan Beton Struktur Tanggul K-300

No	Komponen	Fungsi Jenis	Cost (Rp)	Worth (Rp)
1	Beton <i>Ready Mixed</i> K-300 + Pompa	P	22.784.337.805,54	22.784.337.805,54
2	Beton K-225	S	2.402.993.764,08	
3	Pembesian	S	55.263.774.888,06	
4	Bekisting	S	1.250.652.172,04	
	Total		81.701.758.629,71	22.784.337.805,54
	Cost / Worth			3,586

Dari Tabel 3 dapat diketahui jika komponen Beton *Ready Mixed* K-300 + Pompa memiliki fungsi primer sehingga memiliki nilai *cost* dan *worth*. Sedangkan komponen lainnya yang memiliki fungsi sekunder tidak memiliki nilai *worth*. Hasil perbandingan rasio *cost/worth* dalam tabel menunjukkan angka 3,586 yang bermakna bahwa Pekerjaan Beton Struktur Tanggul K-300 memiliki potensi untuk dilakukan penghematan biaya.

4.3 Tahap Kreatif

Tahap kreatif bermaksud untuk memberikan banyak pilihan yang akan dikembangkan untuk penelitian selanjutnya. Pada tahap ini dilakukan pencarian ide-ide kreatif dengan pendekatan hasil analisa fungsi agar alternatif yang diperoleh dapat memaksimalkan fungsi / manfaat. Proses *brainstorming* dalam menemukan ide alternatif dilakukan dengan diskusi, observasi lapangan dan mempelajari literatur. Ide alternatif yang disampaikan untuk mengganti desain awal dalam penelitian ini adalah Tanggul CCSP W350, Dinding Penahan Tanah *Counterfort* dan Dinding Penahan Tanah Beton Modular. Masing-masing alternatif telah dilakukan perhitungan stabilitas untuk mengetahui kemampuannya dalam menahan beban, serta memiliki mutu yang minimal sama dengan desain awal.

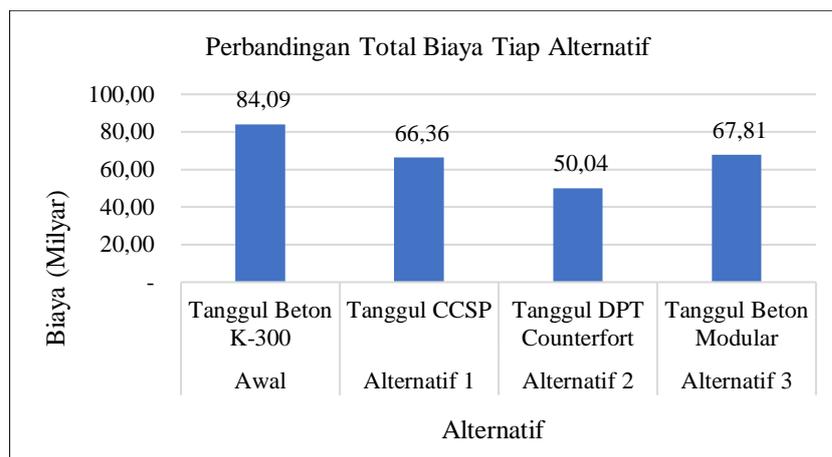
4.4 Tahap Analisa

Menurut aturan sistematis, analisis rinci biaya alternatif individu, perbandingan kekuatan dan kelemahan, perhitungan biaya siklus hidup, dan pemilihan alternatif menurut AHP dilakukan selama fase ini. Adapun kriteria-kriteria yang digunakan dalam analisis alternatif dalam penelitian ini adalah penghematan biaya, mutu, waktu pelaksanaan, metode pelaksanaan, ketersediaan material, dan pengaruh terhadap penampang sungai.

Tabel 4. Pembobotan Alternatif

Kode	Kriteria	Prioritas
A	Penghematan Biaya	0,36
B	Mutu	0,30
C	Waktu Pelaksanaan	0,15
D	Metode Pelaksanaan	0,09
E	Ketersediaan Material	0,07
F	Pengaruh thd Penampang Sungai	0,03
Jumlah		1,00

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa prioritas tertinggi dimiliki oleh kriteria A (Penghematan biaya), kemudian disusul oleh kriteria B (Mutu) dan kriteria C (Waktu pelaksanaan) pada prioritas kedua dan ketiga. Penilaian kriteria tersebut sudah mendapat masukan atau pertimbangan dari para ahli (*expert*) antara lain Konsultan, Direksi PU dan Kontraktor, sehingga hasil penilaian dapat lebih obyektif. Tahap selanjutnya adalah analisis alternatif berdasarkan masing-masing kriteria. Pada setiap analisis kriteria juga akan diperoleh bobot prioritas untuk mengetahui alternatif mana yang lebih layak.

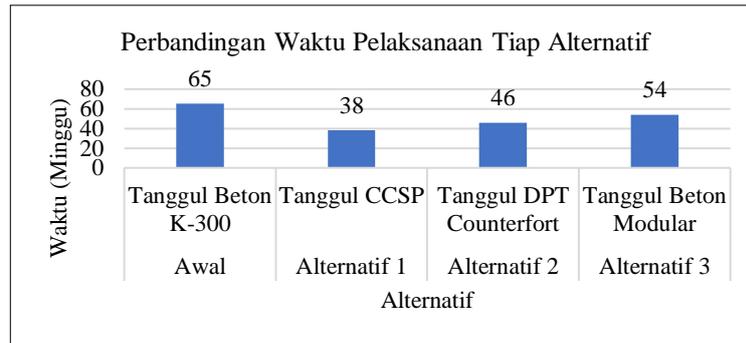


Gambar 1. Diagram Perbandingan Total Biaya Tiap Alternatif

Grafik pada Gambar 1 menampilkan perbandingan biaya pekerjaan tanggul mulai dari desain awal dan beberapa alternatif yang diberikan. Grafik tersebut menunjukkan bahwa desain awal membutuhkan biaya yang paling tinggi yaitu mencapai 84 milyar. Sedangkan alternatif 2 menunjukkan biaya yang paling rendah dari alternatif yang disampaikan dengan biaya sebesar 50 milyar. Dari perbandingan biaya ini, kita dapat melihat bahwa DPT Counterfort (Alternatif 2) menawarkan penghematan biaya terbesar. Hemat hingga 40% dibandingkan dengan biaya konstruksi awal.

Penilaian terhadap kriteria mutu dilakukan dengan membandingkan mutu beton setiap alternatif. Alternatif yang ditentukan memiliki mutu mulai dari K-300 hingga K-350. Namun yang lebih ditekankan pada penilaian ini adalah soal konsistensi mutu yang dicapai. Pada kondisi ini alternatif dengan material beton *precast* memiliki konsistensi mutu yang lebih baik daripada beton yang dicor insitu. Beton *precast* memiliki mutu yang konsisten karena dibentuk secara pabrikasi dan mengalami proses yang sama setiap unit produknya. Sedangkan beton yang dicor insitu sangat tergantung terhadap metode pencampuran dan proses pengecoran dilapangan, terlebih lokasi pengecorannya dilakukan di area tergenang air sungai. Oleh karena itu menurut penilaian terhadap kriteria mutu, alternatif dengan beton *precast* lebih diunggulkan.

Waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian pekerjaan menurut masing-masing alternatif berbeda-beda. Durasi waktu sangat tergantung pada metode kerja yang direncanakan dilapangan. Perhitungan durasi pekerjaan berdasarkan angka koefisien pekerja pada Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), observasi lapangan, publikasi dan jurnal. Pendekatan tersebut dibutuhkan untuk mengetahui estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Dalam melakukan estimasi durasi dibutuhkan penjadwalan pekerjaan berdasarkan *network planning*, dalam penelitian ini dibantu dengan menggunakan *Microsoft Project*.



Gambar 2. Diagram Perbandingan Waktu Tiap Alternatif

Gambar 2 menampilkan perbandingan durasi penyelesaian pekerjaan tiap alternatif. Hasil perhitungan menentukan bahwa Tanggul CCSP memiliki waktu yang lebih singkat dibanding alternatif yang lain, karena proses pengerjaannya dipercepat dengan menggunakan alat berat. Kecepatan waktu tersebut merupakan kelebihan dari produk / material *precast*. Namun terdapat perbedaan hasil penilaian berdasarkan kriteria metode pelaksanaan. Menurut kriteria metode pelaksanaan menunjukkan bahwa pengerjaan beton insitu (Desain Awal dan DPT *Counterfort*) lebih unggul dibanding dengan beton *precast*. Proses pengecoran dengan beton insitu lebih mudah dikerjakan dan lebih umum dikerjakan oleh pekerja. Selain itu tidak dibutuhkannya keahlian khusus untuk mengerjakan beton insitu.

Tabel 5. Rangkuman Hasil Matriks

Alternatif	Hasil Matriks	Rangking
Desain Awal	0,117	4
Alternatif 1	0,335	2
Alternatif 2	0,336	1
Alternatif 3	0,212	3

Setelah dilakukan analisis kriteria menurut masing-masing kriteria maka diperoleh hasil matriks seperti yang dirangkum pada Tabel 5. Pada rangkuman tersebut diketahui bahwa Alternatif 2 (DPT *Counterfort*) unggul dari alternatif lainnya. Disusul pada rangking ke 2 oleh Alternatif 1 (Tanggul CCSP) dengan bobot hasil matriks yang tak jauh dengan Alternatif 2. Hasil matriks ini kemudian dibandingkan dengan bobot *life cycle cost* tiap alternatif.

Tabel 6. Bobot Life Cycle Cost Tiap Alternatif

Alternatif	Life Cycle Cost (Rp)	Bobot
Desain Awal	123.197.979.563,44	0,282
Alternatif 1	107.196.627.674,27	0,245
Alternatif 2	95.659.239.924,09	0,219
Alternatif 3	110.854.555.559,44	0,254
Total	436.908.402.721,24	1,000

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa alternatif Desain Awal memiliki total *life cycle cost* yang paling tinggi. Sedangkan *life cycle cost* terendah dimiliki oleh Alternatif 2 yaitu DPT *Counterfort*. Menurut konsep perhitungan *life cycle cost*, semakin murah total biaya suatu alternatif maka akan semakin baik. Dalam perhitungan *B/C Ratio*, jumlah *life cycle cost* merupakan komponen *cost* (beban biaya) dan komponen *benefit* ditentukan berdasarkan angka hasil matriks.

Tabel 7. Perhitungan Benefit per Cost Ratio

Alternatif	Benefit	Cost	B/C Ratio	Ranking
Desain Awal	0,117	0,282	0,416	4
Alternatif 1	0,335	0,245	1,366	2
Alternatif 2	0,336	0,219	1,533	1
Alternatif 3	0,212	0,254	0,836	3

Berdasarkan analisa *B/C* rasio Tabel 7 menunjukkan bahwa Alternatif 2 memiliki nilai tertinggi. Nilai pada tabel menunjukkan Alternatif 2 menempati rangking pertama mengungguli alternatif yang lainnya dengan bobot 1.533. Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa alternatif 2 layak untuk dipilih sebagai alternatif tanggul penahan banjir pada Proyek Pengendali Banjir Tukad Mati. Pada tahap akhir akan disampaikan berupa rekomendasi kepada owner atas hasil *value engineering* yang telah dilakukan. Rekomendasi berisi uraian tentang rencana awal, fungsi, usulan desan dan besaran biayanya dalam Tabel 8.

Tabel 8. Rekomendasi

Rekomendasi	
Item Pekerjaan	: Beton Struktur Tanggul K-300
Fungsi	: Menahan beban
1 Desain Awal	: DPT Beton K-300
Biaya	: Rp 84.086.922.260,15
2 Usulan Desain	: DPT <i>Counterfort</i>
Biaya	: Rp 50.038.144.726,34
3 Penghematan Biaya thd Desain Awal	: Rp 34.048.777.534,82
Prosentase Penghematan thd	: 40 %
4 Prosentase Penghematan thd Biaya Total	: 7,74 %
5 Dasar Pertimbangan	: - Berdasarkan analisa AHP - Tidak bertentangan dengan batasan proyek - Biaya konstruksi lebih murah - Waktu pelaksanaan lebih cepat - Metode pelaksanaan lebih mudah - Material lebih mudah didapatkan

5 KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil *breakdown* Pekerjaan Struktur Tanggul, terdapat 2 item pekerjaan yang termasuk dalam 20% item pekerjaan yang memiliki pengaruh terhadap 80% biaya. Item pekerjaan yang termasuk adalah Beton Struktur Tanggul K-300 dan Dinding Tanggul Beton *Precast* K-400. Namun yang dilanjutkan untuk dilakukan analisis *value engineering* adalah Beton Struktur Tanggul K-300.
2. Dalam tahap kreatif diperoleh 3 alternatif yang dipertimbangkan dalam analisis *value engineering* yaitu Tanggul CCSP sebagai alternatif 1, DPT *Counterfort* sebagai alternatif 2 dan DPT Beton Modular sebagai alternatif 3.
3. Dari 3 alternatif yang telah diusulkan maka dipilih alternatif 2 DPT *Counterfort* sebagai alternatif terbaik dari yang lainnya. DPT *Counterfort* menempati rangking 1 dengan bobot *B/C* ratio sebesar 1.542.
4. Pekerjaan DPT *Counterfort* membutuhkan anggaran biaya pelaksanaan sebesar Rp. 50.038.144.726,34. Sehingga memperoleh penghematan biaya sebesar Rp. 34.048.777.533,82 atau dalam prosentase 40 % terhadap desain awal dan 7,74 % terhadap biaya total proyek.

5.2 Saran

1. Hasil penelitian ini dapat diterapkan pada penampang Tukad Mati dengan tinggi penampang yang sama (hingga 5 meter) yang tidak tercakup dalam proyek ini.
2. Alternatif yang terpilih dapat pula diaplikasikan di sungai yang memiliki karakteristik tanah dasar yang sama dengan Tukad Mati.
3. Untuk penelitian selanjutnya dalam perhitungan *Life Cycle Cost* sebaiknya dihitung secara mendetail biaya OP bangunan, karena dalam penelitian ini biaya OP masing-masing alternatif dihitung berdasarkan asumsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas bantuan, inspirasi, saran, dan motivasi mereka dalam mempersiapkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, S., Purwanto, G., Iskandar, T. 2016. Penerapan Rekayasa Nilai (Value Engineering) Pada Pekerjaan Struktur Balok Dan Kolom Gedung Poliklinik Universitas Brawijaya Malang. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2016. Malang: Teknik Sipil. Institut Nasional Malang*, 121–128.
- Bali Penida, B.W.S. 2018. *Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir Tukad Mati di Kab. Badung dan Kota Denpasar*. Denpasar.
- Berawi, M.A. 2014. *Aplikasi Value Engineering Pada Industri Konstruksi Bangunan Gedung*. Jakarta: UI-Press.
- Dharmayanti, G.A.P.C., Frederika, A., Ayu Kumala Sari, N.K. 2007. Rekayasa Nilai Proyek Villa Bukit Ubud. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 11: 13.
- Husen, A. 2011. *Manajemen Proyek*. Revisi; D. Prabantini, ed. Yogyakarta: Andi Offset.
- Mahyuddin. 2020. Analisa Rekayasa Nilai (Value Engineer) Pada Konstruksi Bangunan Rumah Dinas Puskesmas Karang Jati Balikpapan. *Teknik Hidro*, 13(1): 9–17.
- Mashuri, L.A.Q., Sudiarsa, M., Suparta, W. 2019. *Pendekatan Value Engineering untuk Optimasi Proses Pemilihan Material pada Pekerjaan Penataan Sungai/ Tukad Badung, Denpasar*. 1(Prosiding Seminar Nasional Ketekniksipilan Bidang Vokasional): 259–264.
- Sabri, M.I. 2011. “Critical Success Factor Penerapan Value Engineering Pada Tahap Konstruksi Bangunan Gedung Pada Pt . X.” Universitas Indonesia.