

Implementasi *Value Engineering* pada Konstruksi Proyek Rumah Sakit X

Mikhael Sihite¹, Theresita Herni Setiawan^{1*}

Submitted: 16/04/2024

Revised: 23/04/2024

Accepted: 25/04/2024

ABSTRAK

Value engineering merupakan salah satu bentuk pendekatan *design-to-cost*. *Value engineering* merupakan suatu cara pendekatan kreatif dan terencana dengan tujuan mengidentifikasi dan mengoptimalkan biaya-biaya tanpa mengubah fungsi dan standar yang ditetapkan dalam perencanaan. Penelitian menggunakan studi kasus sebuah bangunan rumah sakit empat lantai terkait dengan komponen pekerjaan dalam biaya anggaran yang dinilai dapat diidentifikasi lebih detail dan dioptimalkan menggunakan *value analysis* tanpa mengubah fungsi dan menurunkan standar spesifikasi. Metodologi penelitian menggunakan *job plan value engineering* yang terdiri tahapan pengumpulan informasi, analisis fungsi, kreatif, evaluasi, dan rekomendasi. Analisis dan pembahasan menghasilkan simpulan alternatif kreatif material pengganti untuk pekerjaan dinding yang memiliki biaya konstruksi sebesar Rp 11.775.628.931 dan pekerjaan lantai sebesar Rp 4.806.411.840 terjadi penghematan pada biaya konstruksi dinding sebesar 42,74% dan penghematan pada biaya konstruksi lantai sebesar 56,93%. Dan ditinjau dari usia pakai 20 tahun didapat penghematan biaya siklus pekerjaan dinding sebesar 42,74% dan penghematan biaya siklus pekerjaan lantai sebesar 39,47%.

Kata kunci: pendekatan kreatif, penghematan biaya, tahapan *job plan*, *value engineering*

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya dalam suatu proyek terdapat suatu proses estimasi biaya dengan menerapkan pendekatan. *Value engineering* merupakan salah satu bentuk pendekatan *design-to-cost*. Leland & Anthony dalam Wicaksono [1] berkata, *value engineering* memiliki variabel *input* berupa harga yang kompetitif, sedangkan variabel *output*-nya berupa estimasi biaya. Pada beberapa bagian bangunan gedung, ada komponen memiliki biaya yang besar, tetapi bagian tersebut masih dapat dioptimalisasi. Selain itu, ada juga pembiayaan yang besar yang menjadi perhatian untuk dianalisis kembali dan dikaji ulang nilai dan fungsi bangunan. Hal tersebut memunculkan banyak alternatif yang dijadikan dasar untuk melakukan kajian yang sifatnya lebih mengarah kepada perubahan biaya yang berorientasi pada fungsi [2]. Oleh karena itu, *value engineering* perlu dilakukan agar biaya dan usaha yang tidak diperlukan dapat dihilangkan sehingga biaya proyek tersebut dapat dikurangi.

Value engineering digunakan untuk mencari alternatif atau yang bertujuan untuk menghasilkan biaya yang lebih rendah dari harga yang direncanakan sebelumnya dengan beberapa batasan yang ditentukan [3]. Dari penelitian terdahulu [4] [5] [6] [7] [8] [9], kerap ditemukan paket kerja arsitektur memiliki biaya yang lebih besar dari paket pekerjaan yang lain. Dari uraian di atas, hal menarik untuk diteliti lebih lanjut adalah melakukan *value engineering* terhadap komponen bangunan gedung dimana penelitian ini menggunakan proyek rumah sakit untuk mendapatkan alternatif material yang digunakan dan besaran penghematan yang dapat dilakukan.

¹ Universitas Katolik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung 40141

* Corresponding Author: herni@unpar.ac.id



2. TINJAUAN PUSTAKA

Value engineering merupakan suatu cara atau teknik mengidentifikasi suatu fungsi pada produk, proses, atau sistem [10]. Metode *value engineering* dapat diterapkan untuk menghemat biaya, mengurangi waktu pengerjaan proyek, dan meningkatkan kualitas suatu proyek, baik dalam segi struktur, bahan material, dan hal-hal lainnya yang terkait pada proyek tersebut [11]. Ada tiga elemen yang digunakan untuk mengukur suatu nilai (*value*), yaitu fungsi, kualitas, dan biaya. Ketiga elemen ini dapat dijelaskan pada hubungan sebagai berikut.

$$Value = \frac{(Function + Quality)}{Cost} \quad (1)$$

Pada hubungan tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan biaya (*cost*), tetapi hal tersebut tidak meningkatkan fungsi (*function*) dan kualitas (*quality*), maka hal tersebut dapat mengurangi nilai (*value*).

Kajian *value engineering* yang digunakan mengacu *Society of American Value Engineers* (SAVE) 2007 yaitu studi rencana kerja (*job plan*) dan menggunakan distribusi Pareto dalam menentukan fungsi kajian komponen yang dianalisis *value*-nya [12] [13].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Studi kasus adalah bangunan rumah sakit empat lantai ditambah *semi basement* dan *attic*. Nilai proyek yang dikaji dalam analisis sebesar Rp113.744.437.000. Metodologi penelitian dilakukan dengan urutan pengumpulan data sebagai tahap informasi. Dilanjutkan dengan tahap analisis fungsi dengan metode hukum distribusi Pareto. Hasil analisis fungsi dilanjutkan dengan tahap perancangan ide-ide alternatif kreatif. Ide kreatif yang didapatkan, dievaluasi menggunakan metode *paired comparison*, *weighted decision matrix*, dan *life cycle cost* [14]. Hasil tahap evaluasi adalah suatu ide terpilih yang dikembangkan pada tahap rekomendasi. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari kontraktor yaitu Rencana Anggaran Biaya (RAB), Analisa Harga Satuan (AHS), gambar desain, dan Rencana Kerja Syarat (RKS). Sementara itu evaluasi ide kreatif dilakukan dengan metode *interview* yang dilakukan kepada konsultan konstruksi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Job plan value engineering terdiri dari enam tahap yaitu tahap pengumpulan informasi, tahap analisis fungsi, tahap kreatif, tahap evaluasi, tahap pengembangan, dan tahap rekomendasi. Setiap tahapan diuraikan dalam hasil dan pembahasan berikut ini.

Tahap Pengumpulan Informasi

Rumah sakit memiliki peran penting dalam memberikan pelayanan kesehatan untuk setiap orang secara lengkap. Oleh karenanya rumah sakit perlu mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat untuk melindungi pengguna fasilitas dari faktor risiko lingkungan dengan memenuhi standar baku mutu dan persyaratan kesehatan lingkungan [15] [16] [17]. Lingkup kerja proyek rumah sakit ini adalah pekerjaan persiapan, struktur bawah, struktur atas, arsitektur, mekanikal, elektrik, dan pemipaan. Analisis dan pembahasan mencakup pekerjaan persiapan, struktur atas, arsitektur, dan pemipaan. Sementara itu, struktur bawah, mekanikal dan elektrik tidak masuk dalam analisis karena dilaksanakan oleh subkontraktor spesialis. Total biaya proyek sesuai lingkup tersebut di atas adalah Rp113.744.437.000. Rekapitulasi biaya proyek rumah sakit sesuai lingkup dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Biaya Proyek Rumah Sakit sesuai Lingkup Bahasan

No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah
1.	Pekerjaan Persiapan	Rp 9.572.975.800
2.	Pekerjaan Struktur	Rp 38.581.865.309
3.	Pekerjaan Arsitektur	Rp 49.640.166.745
4.	Pekerjaan Pemipaan	Rp 4.253.814.188
5.	Pekerjaan Tambah Kurang	Rp 1.355.212.216
	Jumlah	Rp 103.404.034.258
	Total Jumlah	Rp 103.404.034.200
	PPN 10 %	Rp 10.340.403.420
	Total	Rp 113.744.437.000

Dapat dilihat pada Tabel 1, pekerjaan arsitektur memiliki biaya yang paling besar di antara semua lingkup pekerjaan, yaitu sebesar Rp49.640.166.745 atau sebesar 48% dari total biaya.

Selanjutnya pekerjaan arsitektur tersebut di-*breakdown* menjadi item pekerjaan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Hukum Distribusi Pareto pada Pekerjaan Arsitektur

No.	Item Pekerjaan	Jumlah	Bobot Biaya	Kumulatif Bobot Biaya	Kumulatif Bobot Pekerjaan
1.	Pekerjaan Dinding	Rp 15.587.695.621	31,40%	31,40%	14,29%
2.	Pekerjaan Lantai	Rp 10.610.845.924	21,38%	52,78%	28,57%
3.	Pekerjaan Lain-lain	Rp 8.692.585.038	17,51%	70,29%	42,86%
4.	Pekerjaan Pintu & Jendela	Rp 7.876.574.000	15,87%	86,16%	57,14%
5.	Pekerjaan Plafon	Rp 2.566.997.106	5,17%	91,33%	71,43%
6.	Pekerjaan Pengecatan	Rp 2.279.600.981	4,59%	95,92%	85,71%
7.	Pekerjaan Sanitair	Rp 2.025.868.075	4,08%	100%	100%
	Total biaya	Rp 49.640.166.745			

Item pekerjaan dalam pekerjaan arsitektur diurutkan dari biaya yang paling besar ke biaya yang lebih kecil. Kemudian, dihitung bobot biaya item pekerjaan terhadap total biaya pekerjaan arsitektur tersebut. Bobot pekerjaan didapat dengan memberikan bobot seragam terhadap 7 item pekerjaan arsitektur tersebut. Dari Tabel 2 didapat pekerjaan dinding dan pekerjaan lantai memiliki kumulatif bobot pekerjaan sebesar 28,57% dan kumulatif bobot biaya sebesar 52,78%. Angka ini membuktikan hukum distribusi Pareto sesuai, yaitu sebagian besar biaya (52,78%) dihasilkan dari sebagian kecil lingkup pekerjaan (28,57%). Selanjutnya, *value engineering* diterapkan pada pekerjaan dinding dan pekerjaan lantai.

Lingkup pekerjaan dinding terdiri dari banyak komponen pekerjaan, sehingga perlu diterapkan hukum distribusi Pareto pada item pekerjaan dinding. Bobot pekerjaan didapat dari nilai bobot seragam terhadap 14 komponen pekerjaan. Sementara itu, bobot biaya didapat dari perbandingan biaya komponen terhadap total biaya pekerjaan dinding. Analisis distribusi Pareto pada lingkup pekerjaan dinding dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Distribusi Pareto pada Pekerjaan Dinding

No.	Komponen Pekerjaan	Biaya Komponen (Rp)	Bobot Pekerjaan	Kumulatif Bobot Pekerjaan	Bobot Biaya	Kumulatif Bobot Biaya
1.	Dinding dalam kecuali dinding dalam area basah (Toilet)	7.144.168.757	7,14%	7,14%	45,83%	45,83%
2.	Dinding luar dan Dinding dalam area basah (Toilet)	4.631.460.174	7,14%	14,29%	29,71%	75,54%
3.	Pekerjaan di Lobby Lift	616.535.329	7,14%	21,43%	3,96%	79,50%
4.	Dinding timah hitam 2 mm	549.783.000	7,14%	28,57%	3,53%	83,03%
5.	Dinding insulated sandwich panel ex. Epanel	477.123.806	7,14%	35,71%	3,06%	86,09%
6.	Dinding partisi double gypsum 12 mm (2 muka) ex. Jayaboard rangka metal stud	457.767.576	7,14%	42,86%	2,94%	89,02%
7.	Dinding keramik 30x60 cm W63312 dFloresta Naturale gol. B ex. Roman (Toilet)	424.264.531	7,14%	50,00%	2,72%	91,75%
8.	Dinding keramik 30x60 cm W63312 dFloresta Rombo gol. C ex. Roman (Toilet)	346.320.676	7,14%	57,14%	2,22%	93,97%
9.	Skim coat beton (mortar merapi)	345.221.106	7,14%	64,29%	2,21%	96,18%
10.	Dinding keramik 20x40 Cm W40221 Urban Origine gol. B ex. Roman (Toilet)	318.206.180	7,14%	71,43%	2,04%	98,22%
11.	Cubicle toilet Phenolic ex. Winas	122.229.196	7,14%	78,57%	0,78%	99,01%
12.	Dinding waterproof tinggi 50 cm (Lemkra DS105+TG300)	93.837.933	7,14%	85,71%	0,60%	99,61%
13.	Dinding partisi single gypsum 12 mm (1 muka) ex. Jayaboard rangka metal stud	32.690.685	7,14%	92,86%	0,21%	99,82%
14.	Dinding dan meja keramik 20x40 cm W40221 Urban Origine gol. B ex. Roman	28.086.672	7,14%	100,00%	0,18%	100,00%

Hasil pengolahan data, komponen pekerjaan dinding yang terhitung dalam analisis Hukum Distribusi Pareto adalah Dinding dalam kecuali dinding dalam area basah (Toilet), Dinding luar dan Dinding dalam area basah (Toilet), Pekerjaan di Lobby Lift, dan Dinding timah hitam 2 mm dengan kumulatif bobot pekerjaan sebesar 28,57% dengan kumulatif bobot biaya sebesar 83,03%. Namun demikian dinding timah hitam 2 mm tidak dianalisis *value engineering* karena dinding timah hitam 2 mm ini digunakan khusus pada ruang X-Ray, Mamografi, dan Panoramic. PMK RI no.24 2016 mensyaratkan dinding ruangan yang menggunakan peralatan x-ray harus memenuhi persyaratan teknis proteksi radiasi sinar pengion. Persyaratan teknis proteksi radiasi yang telah dipenuhi sudah mendapatkan pengesahan dari Direktorat Perizinan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif Badan Pengawas Tenaga Nuklir.

Lingkup pekerjaan lantai juga memiliki banyak komponen pekerjaan, sehingga perlu diterapkan hukum distribusi Pareto pada item pekerjaan lantai. Analisis distribusi Pareto pada lingkup pekerjaan lantai dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Distribusi Pareto pada Pekerjaan Lantai

No.	Komponen Pekerjaan	Biaya Komponen (Rp)	Bobot Pekerjaan	Kumulatif Bobot Pekerjaan	Bobot Biaya	Kumulatif Bobot Biaya
1.	Homogeneous tile 60x60 cm polished white Onyx ex. Indogress+	2.226.907.592	4,17%	4,17%	20,99%	20,99%
2.	Conwood decorative deck 8" ex. Conwood	1.232.785.082	4,17%	8,33%	11,62%	32,61%
3.	Screed lantai tebal 3 cm Mortar Merapi	941.743.500	4,17%	12,50%	8,88%	41,48%
4.	Vinyl lantai Permalem anti bakterial PM 36/37 ex. Tajima	805.301.953	4,17%	16,67%	7,59%	49,07%
5.	Homogeneous tile 80x80 cm polished white Onyx ex. Indogress+	790.488.675	4,17%	20,83%	7,45%	56,52%
6.	Aspal (termasuk pemadatan tanah, sirtu tebal 30 cm, batu pecah tebal 20 cm, prime coat dan aspal hotmix tebal 5 cm)	759.188.137	4,17%	25,00%	7,15%	63,67%
7.	Vinyl lantai Permalem PM 36/37 ex. Tajima	458.540.721	4,17%	29,17%	4,32%	68,00%
8.	Hospital plin 10x20 cm ex. Indogress 2	432.469.137	4,17%	33,33%	4,08%	72,07%
9.	Keramik antislip 20x20 cm G220501 Venere Dust gol. A ex. Roman	418.975.594	4,17%	37,50%	3,95%	76,02%
10.	Tangga	358.961.408	4,17%	41,67%	3,38%	79,40%
11.	Beton + Floor Hardener 5 kg/m ² ex. Lemkra FH 108 + Cat enamel (cat marka parkir)	330.958.232	4,17%	45,83%	3,12%	82,52%
12.	Homogeneous tile 60x60 cm antislip surface ex. Indogress	314.405.952	4,17%	50,00%	2,96%	85,49%
13.	Screed beton K-225 (area vinyl)	272.307.013	4,17%	54,17%	2,57%	88,05%
14.	Keramik 50x50 cm G559196 continental white gol. B ex. Roman	263.857.532	4,17%	58,33%	2,49%	90,54%
15.	Waterproofing coating (Lemkra DS 105 + TG 300)	258.223.122	4,17%	62,50%	2,43%	92,97%
16.	Homogeneous tile 60x60 cm Matt Montagne Everest ex. Indogress	197.786.944	4,17%	66,67%	1,86%	94,84%
17.	Dak beton + Waterproofing coating (Lemkra DS 105 + TG 300) + Kawat ayam finished screed 5 cm (JDI 400)	174.394.671	4,17%	70,83%	1,64%	96,48%
18.	Keramik antislip 30x30 cm 3331P dArtesia brown gol. B ex. Roman	128.177.869	4,17%	75,00%	1,21%	97,69%
19.	Hospital plint 10x20 cm ex. Indogress 1	123.761.354	4,17%	79,17%	1,17%	98,85%
20.	Waterproofing coating (Lemkra DS 105 + TG 300) + Kawat ayam finished screed 5 cm mortar merapi	50.458.297	4,17%	83,33%	0,48%	99,33%
21.	Hospital plin 10x20 cm ex. Indogress 3	25.602.008	4,17%	87,50%	0,24%	99,57%
22.	Inlay stainless steel (pembatas keramik dengan vinyl)	20.850.000	4,17%	91,67%	0,20%	99,77%
23.	Beton + Floor Hardener 5 kg/m ² ex. Lemkra FH 108	12.597.549	4,17%	95,83%	0,12%	99,89%
24.	Rabat beton + acian	12.103.582	4,17%	100,00%	0,11%	100,00%

Hasil pengolahan data, komponen pekerjaan lantai yang terhitung dalam analisis hukum distribusi Pareto adalah *Homogeneous tile 60x60 cm polished white Onyx ex. Indogress+*, *Conwood decorative deck 8" ex. Conwood*, *Screed lantai tebal 3 cm Mortar Merapi*, *Vinyl lantai Permalem anti bakterial PM 36/37 ex. Tajima*, dan *Homogeneous tile 80x80 cm polished white*

Onyx ex. Indogress+ dengan kumulatif bobot pekerjaan sebesar 20,83% dengan kumulatif bobot biaya sebesar 56,52%. Komponen pekerjaan Vinyl lantai Permaleum anti bakterial PM 36/37 ex. Tajima tidak dianalisis *value engineering* karena material ini bersifat anti bakteri, sehingga sulit memberikan alternatif material selain vinyl dengan spesifikasi atau *value* setara. Komponen pekerjaan Screed lantai tebal 3 cm Mortar Merapi juga tidak dianalisis *value engineering* karena mutu atau *value* pada spesifikasi material ini akan berkurang jika dilakukan penggantian material.

Tahap Analisis Fungsi

Komponen pekerjaan yang didapat dari tahap pengumpulan informasi, selanjutnya dilakukan analisis fungsi. Jenis fungsi dibedakan menjadi dua, yaitu fungsi utama (*basic function*) dan fungsi penunjang (*secondary function*). Penentuan jenis fungsi ini dilakukan melalui interview kepada konsultan. Selanjutnya ditentukan nilai (*value*) pada suatu pekerjaan berdasarkan rasio *cost/worth* (*C/W ratio*). Nilai *cost* diperoleh dari biaya komponen tersebut, sedangkan nilai *worth* ditentukan dari jenis fungsi komponen. Jika komponen yang ditinjau memiliki fungsi utama (*basic function*), maka nilai *worth* diasumsikan sama dengan nilai *cost* komponen tersebut. Namun, jika komponen yang ditinjau memiliki fungsi penunjang (*secondary function*), maka nilai *worth* diasumsikan bernilai 0. Jika rasio $C/W \leq 1$, maka pekerjaan tersebut tidak perlu dianalisis lebih lanjut karena sudah memenuhi kaidah dalam mengukur suatu nilai (*value*). Sedangkan, jika $C/W > 1$, maka pekerjaan tersebut berpotensi untuk dilakukan analisis *value engineering*. Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa analisis *value engineering* dilakukan pada pekerjaan dengan rasio $C/W > 1,5$ karena pekerjaan yang memiliki rasio $1 < C/W < 1,5$ masih dapat ditoleransi, baik dari segi biaya maupun nilai (*value*). Hasil analisis fungsi dan rasio *cost/worth* pada pekerjaan dinding dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Fungsi Pekerjaan Dinding

No.	Pekerjaan	Fungsi			Cost/Worth	
		Kata Kerja	Kata Benda	Jenis Fungsi	Cost	Worth
1	Dinding luar dan Dinding dalam area basah (Toilet) - eksterior					
	Dinding bata merah adukan 1:2	Pembatas	Ruangan	P	Rp 680.008.767	Rp 680.008.767
	Dinding bata merah adukan 1:4	Pembatas	Ruangan	P	Rp 1.832.366.594	Rp 1.832.366.594
	Plesteran & Acian dinding 1:2	Meratakan	Pasangan Bata	S	Rp 592.291.076	Rp -
	Plesteran & Acian dinding 1:4	Meratakan	Pasangan Bata	S	Rp 1.526.793.737	Rp -
				Total C/W	Rp 4.631.460.174	Rp 2.512.375.361
					1,84	
2	Dinding dalam kecuali dinding dalam area basah (Toilet) - interior					
	Bata ringan 60x20x10 cm (mortar merapi)	Penutup	Ruangan	P	Rp 3.264.605.327	Rp 3.264.605.327
	Plesteran 15 mm (mortar merapi)	Meratakan	Pasangan Bata	S	Rp 2.561.738.014	Rp -
	Acian 1,5 mm (mortar merapi)	Meratakan	Pasangan Bata	S	Rp 1.317.825.416	Rp -
				Total C/W	Rp 7.144.168.757	Rp 3.264.605.327
					2,19	
3	Pekerjaan di Lobby Lift					
	Dinding bata ringan 60x20x10 cm (mortar merapi)	Penutup	Ruangan	P	Rp 44.412.955	Rp 44.412.955
	Plesteran 15 mm (mortar merapi)	Meratakan	Pasangan Bata	S	Rp 13.292.283	Rp -
	Marmer slab	Menstabilkan	Suhu	P	Rp 540.581.620	Rp 540.581.620

No.	Pekerjaan	Fungsi			Cost/Worth			
		Kata Kerja	Kata Benda	Jenis Fungsi	Cost	Worth		
	Gypsumboard 9 mm ex. Jayaboard rangka hollow 4x4 cm	Menopang	Plafond	P	Rp	9.724.212	Rp	9.724.212
	Cat dinding dalam gypsumboard emulsi anti bakterial ex. Jotun Ecohealth Majestic	Melapisi	Dinding	S	Rp	2.070.897	Rp	-
	Drop ceiling tinggi 20 cm gypsumboard 9 mm ex. Jayaboard rangka hollow 4x4 cm dicat	Menutupi	Atap	P	Rp	6.453.362	Rp	6.453.362
				Total C/W	Rp	616.535.329	Rp	601.172.149
						1,03		

Dari Tabel 5 didapat komponen pekerjaan dinding yang akan dilakukan analisis *value engineering*, yaitu Dinding dalam kecuali dinding dalam area basah (toilet) dan Dinding luar & Dinding dalam area basah (toilet).

Hasil analisis fungsi dan rasio *cost/worth* pada setiap komponen pekerjaan lantai dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Fungsi Pekerjaan Lantai

No.	Pekerjaan	Fungsi			Cost/Worth			
		Kata Kerja	Kata Benda	Jenis Fungsi	Cost	Worth		
1	Homogeneous tile 60x60 cm polished white Onyx ex. Indogress+	Penutup	Lantai	S	Rp	2.226.907.592	Rp	-
2	Conwood decorative deck 8" ex. Conwood	Penutup	Lantai	S	Rp	1.232.785.082	Rp	-
3	Homogeneous tile 80x80 cm polished white Onyx ex. Indogress+	Penutup	Lantai	S	Rp	790.488.675	Rp	-

Hasil analisis fungsi pada Tabel 6, tidak ada komponen pekerjaan lantai yang memiliki rasio $C/W < 1,5$. Oleh karena itu semua komponen pekerjaan lantai akan dilakukan analisis *value engineering*.

Tahap Kreatif

Pada tahap kreatif ini dilakukan pengajuan ide-ide alternatif menggunakan metode *brainstorming* Ide-ide alternatif material pengganti pada pekerjaan dinding dan pekerjaan lantai dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Alternatif Komponen Pengganti untuk Pekerjaan Dinding

No.	Kode	Pekerjaan	Kode	Alternatif Pengganti
1	DL	Dinding luar dan Dinding dalam area basah (Toilet)		
	DL-A	Dinding bata merah adukan 1:2 + Plesteran & Acian 1:2	DL-A1	Dinding bata ringan + Mortar instan
			DL-A2	Bata ringan eco friendly + Plester & acian konvensional
			DL-A3	Sandwich panel + Acian
			DL-A4	Batako + Plester & acian konvensional
	DL-B	Dinding bata merah adukan 1:4 + Plesteran & Acian 1:4	DL-B1	Dinding bata ringan + Mortar instan
			DL-B2	Bata ringan eco friendly + Plester & acian konvensional
			DL-B3	Sandwich panel + Acian
DL-B4			Batako + Plester & acian konvensional	
2	DD	Dinding dalam kecuali dinding dalam area basah (Toilet)		
	DD-A	Bata ringan 60x20x10 cm (mortar merapi) + Plesteran 15 mm (mortar merapi) + Acian 1,5 mm (mortar merapi)	DD-A1	Dinding bata ringan + Mortar instan
			DD-A2	Bata ringan eco friendly + Plester & acian konvensional
			DD-A3	Sandwich panel + Acian
			DD-A4	Batako + Plester & acian konvensional

Tabel 8. Alternatif Komponen Pengganti untuk Pekerjaan Lantai

No.	Kode	Pekerjaan	Kode	Alternatif Pengganti
1	L-HT6	Homogeneous tile 60x60 cm polished white Onyx ex. Indogress +	L-HT61	Marmer lokal 60x60
			L-HT62	Ceramic tile 60x60
			L-HT63	Parquet laminate
			L-HT64	Perlato Silician
2	L-C	Conwood decorative deck 8" ex. Conwood	L-C1	Parquet kayu
			L-C2	Lantai terakota
			L-C3	WPC
			L-C4	Lantai batu alam
3	L-HT8	Homogeneous tile 80x80 cm polished white Onyx ex. Indogress +	L-HT81	Marmer lokal 80x80
			L-HT82	Ceramic tile 80x80
			L-HT83	Parquet laminate
			L-HT84	Perlato Silician

Tahap Evaluasi

Pada tahap evaluasi, ide-ide alternatif pengganti akan dianalisis berdasarkan performa dan biaya. Performa alternatif pengganti dianalisis menggunakan metode *weighted decision matrix*. Pembobotan yang diperlukan dalam metode ini diperoleh dari metode *paired comparison* parameter 5 kriteria yaitu biaya, kekuatan, *human comfort*, perawatan, waktu pelaksanaan, dan ramah lingkungan. Tabel 9 menunjukkan hasil *paired comparison* parameter dari 5 kriteria yang digunakan dalam penilaian.

Tabel 9. Hasil *Paired Comparison* pada Parameter Penilaian

Kode	Kriteria	Jumlah	Skor
A	Biaya	3,75	0,25
B	Kekuatan	4,25	0,28
C	<i>Human comfort</i>	2,5	0,17
D	Perawatan	2,25	0,15
E	Waktu Pelaksanaan	1,25	0,08
F	Ramah Lingkungan	1	0,07
	Total	15	1

Hasil *weighted decision matrix* pada alternatif pengganti komponen pekerjaan dinding dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. *Weighted Decision Matrix* Pekerjaan Dinding Luar

No.	Fungsi	Kriteria						Total	Peringkat
		A	B	C	D	E	F		
	Bobot	0,25	0,28	0,17	0,15	0,08	0,07		
1	Indeks DL-1	0,29	0,46	0,46	0,46	0,42	0,25	0,40	1
	Indeks x Bobot	0,07	0,13	0,08	0,07	0,03	0,02		
2	Indeks DL-2	0,29	0,33	0,29	0,33	0,25	0,38	0,31	2
	Indeks x Bobot	0,07	0,09	0,05	0,05	0,02	0,03		
3	Indeks DL-3	0,13	0,13	0,13	0,13	0,29	0,25	0,15	3
	Indeks x Bobot	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02		
4	Indeks DL-4	0,29	0,08	0,13	0,08	0,04	0,13	0,14	4
	Indeks x Bobot	0,07	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01		

Keterangan: (A)=Biaya, (B)=Kekuatan, (C)=*Human comfort*, (D)=Perawatan, (E)=Waktu Pelaksanaan, (F)=Ramah Lingkungan

Tabel 11. *Weighted Decision Matrix* Pekerjaan Dinding Dalam

No.	Fungsi	Kriteria						Total	Peringkat
		A	B	C	D	E	F		
	Bobot	0,25	0,28	0,17	0,15	0,08	0,07		
1	Indeks DD-A1	0,21	0,46	0,42	0,46	0,33	0,25	0,36	1
	Indeks x Bobot	0,05	0,13	0,07	0,07	0,03	0,02		
2	Indeks DD-A2	0,33	0,29	0,33	0,38	0,25	0,38	0,32	2
	Indeks x Bobot	0,08	0,08	0,06	0,06	0,02	0,03		
3	Indeks DD-A3	0,13	0,21	0,21	0,13	0,38	0,25	0,20	3
	Indeks x Bobot	0,03	0,06	0,03	0,02	0,03	0,02		
4	Indeks DD-A4	0,33	0,04	0,04	0,04	0,04	0,13	0,12	4
	Indeks x Bobot	0,08	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01		

Keterangan: (A)=Biaya, (B)=Kekuatan, (C)=*Human comfort*, (D)=Perawatan, (E)=Waktu Pelaksanaan, (F)=Ramah Lingkungan

Pada Tabel 10 dan Tabel 11 didapat alternatif batako + plester dan acian konvensional (DD-A4 atau DL-4) berada pada peringkat keempat, sehingga tidak dianalisis lebih lanjut.

Sementara itu hasil *weighted decision matrix* pada pekerjaan lantai dapat dilihat pada Tabel 12 sampai dengan Tabel 14 berikut.

Tabel 12. *Weighted Decision Matrix* Pekerjaan *Homogenous Tile* 60x60

No.	Fungsi	Kriteria						Total	Peringkat
		A	B	C	D	E	F		
	Bobot	0,25	0,28	0,17	0,15	0,08	0,07		
1	Indeks L-HT61	0,25	0,38	0,42	0,25	0,29	0,46	0,33	1
	Indeks x Bobot	0,06	0,11	0,07	0,04	0,02	0,03		
2	Indeks L-HT62	0,46	0,25	0,17	0,42	0,29	0,21	0,31	2
	Indeks x Bobot	0,11	0,07	0,03	0,06	0,02	0,01		
3	Indeks L-HT63	0,29	0,04	0,13	0,21	0,38	0,08	0,17	4
	Indeks x Bobot	0,07	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01		
4	Indeks L-HT64	0,00	0,33	0,29	0,13	0,04	0,25	0,18	3
	Indeks x Bobot	0,00	0,09	0,05	0,02	0,00	0,02		

Keterangan: (A)=Biaya, (B)=Kekuatan, (C)=*Human comfort*, (D)=Perawatan, (E)=Waktu Pelaksanaan, (F)=Ramah Lingkungan

Pada Tabel 12 didapat alternatif *parquet* laminate (L-HT63) berada pada peringkat keempat, sehingga tidak dianalisis lebih lanjut.

Tabel 13. *Weighted Decision Matrix* Pekerjaan Conwood

No.	Fungsi Bobot	Kriteria						Total	Peringkat
		A	B	C	D	E	F		
1	Indeks L-C1	0,25	0,13	0,29	0,21	0,29	0,21	0,22	4
	Indeks x Bobot	0,06	0,04	0,05	0,03	0,02	0,01		
2	Indeks L-C2	0,46	0,29	0,25	0,29	0,21	0,25	0,32	1
	Indeks x Bobot	0,11	0,08	0,04	0,04	0,02	0,02		
3	Indeks L-C3	0,13	0,25	0,25	0,33	0,42	0,29	0,25	2
	Indeks x Bobot	0,03	0,07	0,04	0,05	0,03	0,02		
4	Indeks L-C4	0,17	0,33	0,21	0,17	0,08	0,25	0,22	3
	Indeks x Bobot	0,04	0,09	0,03	0,03	0,01	0,02		

Keterangan: (A)=Biaya, (B)=Kekuatan, (C)=*Human comfort*, (D)=Perawatan, (E)=Waktu Pelaksanaan, (F)=Ramah Lingkungan

Pada Tabel 13 didapat alternatif *parquet* kayu (L-C1) berada pada peringkat keempat, sehingga tidak dianalisis lebih lanjut.

Tabel 14. *Weighted Decision Matrix* pada Pekerjaan *Homogenous Tile* 80x80

No.	Fungsi Bobot	Kriteria						Total	Peringkat
		A	B	C	D	E	F		
1	Indeks L-HT81	0,25	0,38	0,38	0,25	0,29	0,46	0,32	2
	Indeks x Bobot	0,06	0,11	0,06	0,04	0,02	0,03		
2	Indeks L-HT82	0,46	0,25	0,29	0,42	0,29	0,21	0,33	1
	Indeks x Bobot	0,11	0,07	0,05	0,06	0,02	0,01		
3	Indeks L-HT83	0,29	0,04	0,04	0,21	0,38	0,08	0,16	4
	Indeks x Bobot	0,07	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01		
4	Indeks L-HT84	0,00	0,33	0,29	0,13	0,04	0,25	0,18	3
	Indeks x Bobot	0,00	0,09	0,05	0,02	0,00	0,02		

Keterangan: (A)=Biaya, (B)=Kekuatan, (C)=*Human comfort*, (D)=Perawatan, (E)=Waktu Pelaksanaan, (F)=Ramah Lingkungan

Pada Tabel 14 didapat alternatif *parquet laminate* (L-HT83) berada pada peringkat keempat, sehingga tidak dianalisis lebih lanjut.

Alternatif material pengganti hasil analisis *weighted decision matrix*, selanjutnya dianalisis menggunakan metode *life cycle cost* (LCC). LCC dilakukan untuk mengetahui biaya pada alternatif pengganti komponen pekerjaan selama umur ekonomis sebagai salah satu pertimbangan dalam menentukan pilihan alternatif. Dalam perhitungan LCC pekerjaan ini, parameter yang digunakan adalah *initial cost*, *operational cost*, *maintenance cost*, dan *replacement cost*. Ketentuan yang digunakan dalam perhitungan LCC yaitu: usia bangunan 20 tahun, *interest rate* (i) menggunakan jumlah *safe rate* (rata-rata suku bunga deposito 3,33%) ditambah *risk* (setengah dari *safe rate*) didapat 5%, pengaruh inflasi dan pajak diabaikan. *Initial cost* desain awal diperoleh dari Rencana Anggaran Biaya (RAB). *Initial cost* alternatif pengganti diperoleh dengan menghitung harga satuan yang didapat dari Analisis Harga Satuan (AHS) proyek, PUPR No. 28 tahun 2016, internet, dan hasil diskusi dengan pihak-pihak yang berkompeten. Pada komponen pekerjaan dinding, tidak diperlukan adanya biaya operasional, pemeliharaan, dan penggantian, sehingga dalam hal ini, biaya-biaya tersebut untuk desain awal dan semua alternatif adalah 0. Rekapitulasi LCC pekerjaan dinding dapat dilihat pada Tabel 15 sampai Tabel 17.

Pada pekerjaan lantai, perhitungan *initial cost* pada desain awal diperoleh dari sumber dan cara yang sama dengan pekerjaan dinding. Pada komponen pekerjaan lantai, tidak diperlukan adanya biaya operasional, sehingga biaya operasional untuk desain awal dan semua alternatif adalah 0. Biaya pemeliharaan diperoleh dari biaya pemeliharaan pada masing-masing komponen pekerjaan. Setiap komponen pekerjaan dilakukan perawatan setiap tahun dengan $i=5\%$, $n=20$

tahun. Komponen pekerjaan lantai dilakukan biaya penggantian terhadap kerusakan dengan volume sisa 10% dari total volume. Rekapitulasi LCC pekerjaan lantai dapat dilihat pada Tabel 18 sampai Tabel 20.

Tabel 15. Rekapitulasi *Life Cycle Cost* Pekerjaan Dinding Luar (Bagian A)

No	Jenis Biaya	Desain Awal Bata Merah	Alternatif Bata Ringan	Alternatif Bata Eco Friendly	Alternatif Sandwich Panel
1	<i>Initial Cost</i>	Rp 1.272.299.843	Rp 623.970.302	Rp 835.147.108	Rp 1.139.527.200
2	<i>Operational Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3	<i>Maintenance Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
4	<i>Replacement Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
	LCC	Rp 1.272.299.843	Rp 623.970.302	Rp 835.147.108	Rp 1.139.527.200
	Peringkat	4	1	2	3

Tabel 16. Rekapitulasi *Life Cycle Cost* Pekerjaan Dinding Luar (Bagian B)

No.	Jenis Biaya	Desain Awal Bata Merah	Alternatif Bata Ringan	Alternatif Bata Eco Friendly	Alternatif Sandwich Panel
1	<i>Initial Cost</i>	Rp 3.359.160.331	Rp 2.109.953.082	Rp 2.824.046.607	Rp 3.853.306.670
2	<i>Operational Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3	<i>Maintenance Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
4	<i>Replacement Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
	LCC	Rp 3.359.160.331	Rp 2.109.953.082	Rp 2.824.046.607	Rp 3.853.306.670
	Peringkat	3	1	2	4

Tabel 17. Rekapitulasi *Life Cycle Cost* Pekerjaan Dinding Dalam

No.	Jenis Biaya	Desain Awal Bata Merah	Alternatif Bata Ringan	Alternatif Bata Eco Friendly	Alternatif Sandwich Panel
1	<i>Initial Cost</i>	Rp 7.144.168.757	Rp 4.008.704.043	Rp 5.367.017.480	Rp 7.317.934.950
2	<i>Operational Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3	<i>Maintenance Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
4	<i>Replacement Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
	LCC	Rp 7.144.168.757	Rp 4.008.704.043	Rp 5.367.017.480	Rp 7.317.934.950
	Peringkat	3	1	2	4

Tabel 18. Rekapitulasi *Life Cycle Cost* Pekerjaan Lantai Homogenous Tile 60x60

No.	Jenis Biaya	Desain Awal	Alternatif Marmer lokal	Alternatif Ceramic Tile	Alternatif Perlato Sicilia
1	<i>Initial Cost</i>	Rp 2.659.376.729	Rp 3.163.327.024	Rp 905.161.848	Rp 4.796.396.951
2	<i>Operational Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3	<i>Maintenance Cost</i>	Rp 1.605.866.854	Rp 1.605.866.854	Rp 1.605.866.854	Rp 1.605.866.854
4	<i>Replacement Cost</i>	Rp 96.816.337	Rp 119.225.796	Rp 34.115.550	Rp 191.199.360
	LCC	Rp 4.362.059.920	Rp 4.888.419.674	Rp 2.545.144.252	Rp 6.593.463.165
	Peringkat	2	3	1	4

Tabel 19. Rekapitulasi *Life Cycle Cost* Pekerjaan Lantai Conwood

No.	Jenis Biaya	Desain Awal	Alternatif Terakota	Alternatif WPC	Alternatif Batu alam
1	<i>Initial Cost</i>	Rp 1.232.785.082	Rp 352.443.697	Rp 938.593.976	Rp 391.585.006
2	<i>Operational Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3	<i>Maintenance Cost</i>	Rp 675.031.397	Rp 531.264.879	Rp 675.031.397	Rp 415.131.668
4	<i>Replacement Cost</i>	Rp 45.529.105	Rp 13.283.603	Rp 35.375.607	Rp 14.758.839
	LCC	Rp 1.953.345.584	Rp 896.992.179	Rp 1.649.000.980	Rp 821.475.513
	Peringkat	4	2	3	1

Tabel 20. Rekapitulasi *Life Cycle Cost* Pekerjaan Lantai *Homogenous Tile* 80x80

No.	Jenis Biaya	Desain Awal	Alternatif Marmer lokal	Alternatif Ceramic Tile	Alternatif Perlato Sicilia
1	<i>Initial Cost</i>	Rp 914.250.029	Rp 773.155.370	Rp 881.710.974	Rp 1.679.830.478
2	<i>Operational Cost</i>	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3	<i>Maintenance Cost</i>	Rp 535.921.804	Rp 535.921.804	Rp 535.921.804	Rp 535.921.804
4	<i>Replacement Cost</i>	Rp 33.185.959	Rp 29.140.225	Rp 33.231.686	Rp 63.312.811
	LCC	Rp 1.483.357.792	Rp 1.338.217.399	Rp 1.450.864.464	Rp 2.279.065.093
	Peringkat	3	1	2	4

Tahap Rekomendasi

Pada pekerjaan dinding baik dinding luar maupun dinding dalam diperoleh alternatif pengganti yang berpotensi memberikan *value* terbaik setelah tahap evaluasi adalah bata ringan + mortar instan. Alternatif material bata *eco friendly* + plesteran & acian konvensional juga menghasilkan perhitungan biaya lebih murah dari material desain awal bata merah. Alternatif ini dapat dijadikan pertimbangan material pengganti dinding selain menggunakan bata ringan. Hal ini dapat dilihat dari biaya konstruksi tiga material tersebut yaitu bata merah Rp11.775.628.931; bata ringan Rp6.742.627.427; dan bata *eco friendly* Rp9.026.211.296. Berdasarkan perbandingan biaya konstruksi pekerjaan dinding diperoleh penghematan dari analisis biaya konstruksi sebesar Rp5.033.001.504 (42,74%) dan penghematan dari analisis *life cycle cost* (LCC) sebesar Rp5.033.001.504 (42,74%). Rekapitulasi biaya pekerjaan dinding hasil *value engineering* lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Dinding Sebelum dan Sesudah *Value Engineering*

No.	Jenis	Biaya Konstruksi		<i>Life Cycle Cost</i> (LCC)	
		Desain Awal	Rekomendasi	Desain Awal	Rekomendasi
1	Pekerjaan Dinding Luar (Bagian A)	Rp 1.272.299.843	Rp 623.970.302	Rp 1.272.299.843	Rp 623.970.302
2	Pekerjaan Dinding Luar (Bagian B)	Rp 3.359.160.331	Rp2.109.953.082	Rp 3.359.160.331	Rp2.109.953.082
3	Pekerjaan Dinding Dalam	Rp 7.144.168.757	Rp4.008.704.043	Rp 7.144.168.757	Rp4.008.704.043
	Total	Rp11.775.628.931	Rp6.742.627.427	Rp11.775.628.931	Rp6.742.627.427
	Penghematan	Rp 5.033.001.504	42,74%	Rp 5.033.001.504	42,74%

Pada pekerjaan lantai Tabel 18 sampai Tabel 20 diperoleh alternatif pengganti yang berpotensi memberikan *value* terbaik setelah tahap evaluasi adalah sebagai berikut: *Homogenous tile* 60x60 diganti *Ceramic tile* 60x60; *Conwood* diganti Batu alam atau Terakota, *initial cost* Terakota lebih murah dari Batu alam namun membutuhkan biaya perawatan rutin lebih mahal sehingga total biaya Terakota lebih tinggi dari Batu alam; *Homogenous tile* 80x80 diganti Marmer lokal 80x80. Berdasarkan perbandingan biaya konstruksi pekerjaan lantai, diperoleh penghematan dari analisis biaya konstruksi sebesar Rp2.736.509.616 (56,93%) dan penghematan dari analisis *life cycle cost* (LCC) sebesar Rp3.093.926.132 (39,67%). Rekapitulasi biaya pekerjaan lantai hasil *value engineering* dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Lantai Sebelum dan Sesudah *Value Engineering*

No.	Jenis	Biaya Konstruksi		<i>Life Cycle Cost</i> (LCC)	
		Desain Awal	Rekomendasi	Desain Awal	Rekomendasi
1	<i>Homogenous Tile</i> 60x60	Rp2.659.376.729	Rp 905.161.848	Rp4.362.059.920	Rp2.545.144.252
2	<i>Conwood</i>	Rp1.232.785.082	Rp 391.585.006	Rp1.953.345.584	Rp 821.475.513
3	<i>Homogenous Tile</i> 80x80	Rp 914.250.029	Rp 773.155.370	Rp1.483.357.792	Rp1.338.217.399
	Total	Rp4.806.411.840	Rp2.069.902.224	Rp7.798.763.296	Rp4.704.837.164
	Penghematan	Rp2.736.509.616	56,93%	Rp3.093.926.132	39,67%

5. SIMPULAN

Berdasarkan value engineering yang dilakukan, material dinding bata merah + plesteran + acian dapat diganti dengan alternatif material bata ringan + mortar instan. Penghematan biaya konstruksi dinding yang didapat sebesar 42,74%. Material lantai juga berpotensi mengalami penghematan dengan alternatif pengganti lantai *homogenous tile* 60x60 adalah *ceramic tile* 60x60, alternatif pengganti lantai *conwood* adalah lantai batu alam, dan alternatif pengganti lantai *homogenous tile* 80x80 adalah marmer lokal 80x80. Penghematan biaya konstruksi lantai yang didapat sebesar 56,93%. Dan ditinjau dari usia pakai 20 tahun didapat penghematan biaya siklus pekerjaan dinding sebesar 42,74% dan penghematan biaya siklus pekerjaan lantai sebesar 39,47%.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Y. Wicaksono, "Penerapan Value Engineering pada Pembangunan Proyek Universitas Katolik Widya Mandala Pakuwon City – Surabaya," Juli 2012. [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.its.ac.id/1087/2/3108100057-Undergraduate%20Thesis.pdf>.
- [2] A. K. Mukhopadhyaya, *Value Engineering Mastermind: From Concept to Value Engineering Certification*, New Delhi: SAGE Publications Pvt. Ltd, 2018.
- [3] A. Dell'Isola, *Value Engineering: Practical Applications...for Design, Construction, Maintenance and Operations*, Kingston: RSMears, 1997.
- [4] Y. E. Pottu, "Penerapan Rekayasa Nilai (Value Engineering) pada Proyek Pembangunan Poliklinik dan Kedokteran Hewan Universitas Brawijaya Malang," 2014. [Online]. Available: <https://eprints.itn.ac.id/2276/>.
- [5] D. Aszwita, "Penerapan Value Engineering Tahap Desain pada Pekerjaan Arsitektur," Januari 2009. [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/2016-8/20248380-S50456-Dias%20Aswita.pdf>.
- [6] K. Bahri, "Penerapan Rekayasa Nilai (Value Engineering) Pekerjaan Arsitektural pada Pembangunan Proyek Transmart Carrefour Padang," Januari 2018. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.its.ac.id/50405/1/3113100081-Undergraduate_Theses.pdf.
- [7] V. Bertolini, Wisnumurti dan A. Zacoeb, "Aplikasi Value Engineering pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Hotel Grand Banjarmasin)," *Jurnal IPTEK - Media Komunikasi Teknologi*, vol. 20, no. 2, pp. 53-64, 2016.
- [8] A. Surja, J. Budiman dan P. Nugraha, "Aplikasi Value Engineering pada Pemilihan Elemen Fasad," *Dimensi Utama Teknik Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 1-16, 2021.
- [9] A. Kartohardjono dan N. Nuridin, "Analisis Value Engineering pada Proyek Pembangunan Apartement di Cikarang," *Jurnal Konstruksia*, vol. 9, no. 1, pp. 41-58, 2019.
- [10] A. F. Osborn, *Applied Imagination Principles and Procedures of Creative Thinking*, New York: Scribner Book Company, 1979.
- [11] L. D. Miles, *Techniques of Value Analysis and Engineering*, New York: McGraw-Hill Publishing, 1972.
- [12] D. Younker, *Value Engineering Analysis and Methodology*, Boca Raton: CRC Press, 2003.
- [13] A. O. Kassa, *Value Analysis and Engineering Reengineered: The Blueprint for Achieving Operational Excellence and Developing Problem Solvers and Innovators*, New York: Productivity Press, 2015.
- [14] H. A. David, *The Method of Paired Comparisons*, London: C. Griffin, 1988.

- [15] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit,” 18 Maret 2019. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/111721/permenkes-no-7-tahun-2019>.
- [16] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016 tentang Persyaratan Teknis Bangunan dan Prasarana Rumah Sakit,” Agustus 2016. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/139483/permenkes-no-24-tahun-2016>.
- [17] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2020 tentang Pelayanan Radiologi Klinik,” September 2020. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/152568/permenkes-no-24-tahun-2020>.