

# OPTIMALISASI BIAYA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN ADMINISTRATION BUILDING MENGGUNAKAN METODE VALUE ENGINEERING

Faiz Muhammad Azhari<sup>1,\*</sup>, Dita Riyanto Putro<sup>2</sup>, Imam Mustofa<sup>3</sup>, Eko Siswanto<sup>4</sup>, Yosef Cahyo Setianto Poernomo<sup>5</sup>, Surya Pratama<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri Kediri  
Jl. Selomangleng No.1 Pojok, Mojoroto  
\*E-mail : faiz\_azhari@unik-kediri.ac.id

## Abstract

*Value Engineering is a multidisciplinary-based systematic approach that is carried out creatively, innovatively and systematically to find a functional balance between cost, reliability and performance to achieve the concept of value for money. In value engineering there are six stages. The information stage carried out 2 analyzes, namely cost breakdown and Pareto diagram analysis, resulting in the largest work being owned by concrete work with a weight of 37% and a weight of 28% of floor slab work from the total concrete work. The function analysis stage produces 1 primary function and 4 secondary functions. The creative stage produces 3 creative ideas, namely the Conventional Method (PA-1), Floordeck and Wiremesh Method (PA-2), and Hollow Core Slab Method (PA-3). The evaluation stage resulted in 2 creative ideas that passed. In the development stage, several calculations are carried out that support all creative ideas. In the evaluation criteria stage, each alternative choice is assessed with the help of the Expert Choice application, resulting in a total PA-2 value of 20% greater than PA-1. The calculation of the floor slab design results in the serviceability of PA-2 being 12.67% higher than that of PA-1. PA-1's NPV is 5% greater than PA-2's. The PA-2 index value is 2.17 smaller than PA-1. The use of PA-2 can save RAB of IDR 101,372,430.00 or 5%.*

**Keywords :** Cost, Value Engineering, Development

## 1. PENDAHULUAN

Candral dan Siswanto (2018) menyebutkan bahwa pada kemajuan zaman dewasa ini seiring dengan berkembangnya jumlah populasi manusia, pembangunan infrastruktur bertajuk konstruksi sangat gencar dilaksanakan, mulai dari pembangunan jembatan, gedung, tempat tinggal dan berbagai macam konstruksi pembangunan. Hancher (2002) menyatakan bahwa sebuah proyek konstruksi dengan segala sifat dan karakteristiknya, mempunyai hubungan antara aktivitas yang kompleks dengan ketergantungan yang tinggi terhadap kondisi internal dan eksternal sehingga durasi aktifitasnya mempunyai tingkat ketidakpastian yang tinggi.

Proyek adalah rangkaian suatu kegiatan pada pekerjaan yang dikerjakan dalam waktu terbatas dengan menggunakan sumber daya tertentu. Kegiatan ini diharapkan memperoleh

hasil yang terbaik dalam waktu yang akan datang. Febrintoro et.al (2022) menyebutkan bahwa keterlambatan juga berdampak pada berkurangnya keuntungan yang didapatkan. Ridwan dan Ajiono (2017) juga menyatakan bahwa sumber daya merupakan aspek penentu keberhasilan suatu proyek konstruksi sumber daya suatu proyek, khususnya proyek konstruksi meliputi bahan, tenaga kerja, keuangan, metode kerja dan peralatan.

Husen (2010) menyatakan bahwa rekayasa nilai (*value engineering*) merupakan suatu metode manajemen yang menggunakan pendekatan multidisiplin yang dilakukan secara kreatif, inovatif, dan sistematis untuk mencari kesetaraan fungsional antara biaya, keandalan, dan kinerja (nilai) suatu produk atau layanan. Dengan kata lain, *value engineering* merupakan suatu pendekatan yang maksimal untuk mencapai konsep *value for money*. Labombang (2007) menyebutkan bahwa konsep ini adalah konsep yang

menciptakan sesuatu dengan optimal terhadap biaya yang akan dikeluarkan dan kualitas sebuah fasilitas.

Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pilihan preferensi, penguasaan daya dukung dari alternatif - alternatif yang dipilih, dan penghematan biaya setelah dilaksanakan *value engineering* yang dapat digunakan sebagai struktur pelat lantai beton bertulang pada pembangunan gedung *administration building*. Penelitian ini dilaksanakan pada salah satu proyek infrastruktur negara yakni proyek *Emission Reduction In Cities Solid Waste Management (Eric-1) Jombang Regency* yang berada di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Banjardowo.

## 2. METODOLOGI

Rencana kerja (*Value Engineering Job Plan*) ada enam tahap yang akan ditempuh.

Adapun enam tahap yang akan ditempuh yaitu :

Tahap informasi yaitu melakukan pengumpulan informasi sebanyak mungkin tentang desain perencanaan proyek. Data dalam proyek berisi beberapa informasi umum tentang proyek, karakteristik konstruksinya, dan batasan desainnya. Analisis kemudian dilakukan dengan menggunakan diagram Pareto untuk mendapatkan item pekerjaan biaya tinggi.

Tahap analisis fungsional akan fokus pada identifikasi faktor - faktor yang dipertimbangkan dari sudut pandang pentingnya fungsi. Fungsi diartikan sebagai kata kerja dan kata benda. Yana *et.al* (2018) menyebutkan bahwa FAST Diagram (*Function Analytical Systems Engineering*) adalah metode yang dikembangkan pada tahun 1963 oleh Charles W. Bytheway, untuk merangsang kreativitas dan pemikiran secara terorganisir tentang fungsi suatu sistem, desain produk, proses, prosedur, atau fasilitas dengan mengajukan beberapa pertanyaan.

Bertolini dan Zacoeb (2015) menyebutkan bahwa langkah kreatif dalam rekayasa nilai. Pengembangan suatu ide kreatif yang dapat

berupa perubahan materi, perubahan struktur, atau perubahan metode pada pelaksanaan.

Tahap evaluasi ide - ide inovatif yang diperoleh pada tahapan sebelumnya akan diidentifikasi dengan bantuan para ahli konstruksi.

Tahap pengembangan dimaksudkan untuk analisis komputasi biaya dan kekuatan alternatif yang diusulkan, sehingga diperoleh hasil biaya yang dapat memberikan acuan dalam menentukan alternatif yang potensial diusulkan pada tahap berikutnya.

Berbagai analisis yang digunakan pada tahap ini adalah :

1. *Analisa Life Cycle Cost/LCC* (Kaplan *et al.* 1963) (Drs. M. Giatman, 2011).
2. *Analisa AHP/Analytical Hierarchy Process* (Saaty, 2001)
3. Nilai Indeks/*Value Index*.

Tahap Evaluasi Kriteria pada tahap ini, item pekerjaan dalam desain asli, dibandingkan dengan item pekerjaan alternatif yang dipilih dengan metode net present value (NPV) yang diperoleh dari analisa LCC dan total nilai dari setiap alternatif terpilih, sehingga diperoleh nilai indeks pada setiap alternatif.

Alur pengolahan data pada penelitian ini adalah tahap informasi, analisa fungsi, kreatifitas, evaluasi, pengembangan, evaluasi kriteria, perhitungan desain pelat lantai, analisa harga satuan, perhitungan *Net Present Value (NPV)* dan perhitungan nilai indeks.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Informasi dilakukan pengumpulan semua informasi terkait pembangunan *administration building*. Hasil dari tahap informasi adalah *cost breakdown* dan analisis diagram pareto, dan diketahui bobot pekerjaan terbesar dimiliki oleh pekerjaan beton dengan bobot 37% dari total bobot keseluruhan pekerjaan. Adapun bobot terbesar dari pekerjaan beton adalah pekerjaan pelat lantai dengan bobot 28% dari total pekerjaan beton keseluruhan.

Nama Proyek : *Administrion Building*  
 Lokasi Proyek : Eric – 1 Jombang Regency  
 Pemilik Proyek : Kementrian PUPR  
 Konsultan Proyek : Fichthner GmbH & Co. KG  
 Kontraktor Proyek : PT. Adhi Karya  
 Biaya Proyek : Rp. 2.028.647.704,00  
 Tipe Kontrak : Unit Price

Tabel 1. Biaya proyek

No.	Uraian Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan Pendahuluan	Rp. 814.574,04
2	Pekerjaan Tanah	Rp. 25.468.702,71
3	Pekerjaan Pondasi	Rp. 63.661.570,09
4	Pekerjaan Beton	Rp. 692.209.043,63
5	Pekerjaan Atap	Rp. 385.694.875,47
6	Pekerjaan Pasangan	Rp. 229.342.485,53
7	Pekerjaan Pintu dan Jendela	Rp. 75.235.642,50
8	Pekerjaan Plafon	Rp. 95.102.089,60
9	Pekerjaan Pengecatan	Rp. 29.644.728,50
10	Pekerjaan Sanitary	Rp. 163.021.755,48
11	Pekerjaan Elektrikal	Rp. 84.029.717,34
Jumlah Biaya		Rp. 1.844.225.184,88
Profit 10%		Rp. 184.422.518,49
Total Biaya		Rp. 2.028.647.704,00

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Langkah analisis fungsional adalah mengevaluasi fungsionalitas pelat. Semua fungsi dianalisis menggunakan diagram.



Gambar 1. Diagram FAST Pelat Lantai

Tahap kreatif dilakukan dengan mewawancarai penulis dengan konsultan dan kontraktor yang menghasilkan 3 ide kreatif. Sehingga dapat diterapkan sesuai dengan yang dibutuhkan, kondisi dan situasi proyek. Ide - ide inovatifnya adalah sebagai berikut : metode konvensional, metode *floordeck* dan *wiremesh*, metode pelat berongga.

Tahap evaluasi dilakukan dengan meninjau beberapa ide kreatif pada tahap kreatif. Tahap ini menggunakan 3 metode konsultasi 5 ahli konstruksi yang berpengalaman, penilaian untung dan rugi menggunakan metode kompromi. Alhasil, hanya 2 ide kreatif yang lolos.

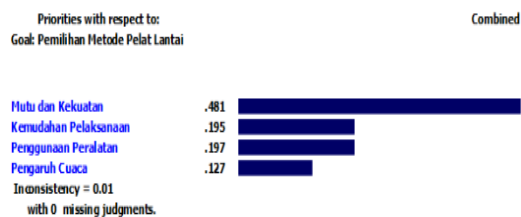
Tabel 2. Biaya proyek

No.	Ide Kreatif	Keuntungan	Kerugian
1.	Menggunakan metode konvensional	1. Peralatan kerja tidak begitu banyak 2. Biaya lebih murah 3. Biasa digunakan sehingga banyak pekerja ahli	1. Banyak material terbuang 2. Waktu pengerjaan lebih lama 3. Pengujian mutu harus menunggu minimal 7 hari
2.	Menggunakan metode <i>floordeck</i> dan <i>wiremesh</i>	1. Waktu pengerjaan lebih cepat 2. Material terbuang lebih sedikit 3. Kekuatan material lebih kuat dari konvensional	1. Banyak peralatan tambahan 2. Biaya sedikit lebih mahal dari konvensional
3.	Menggunakan metode hollow core precast	1. Pengaplikasian lebih mudah	1. Memerlukan tambahan waktu untuk pemesanan 2. Sering ditemukan retakan 3. Perlu pengawasan khusus di setiap sambungan

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penulis

Tahap Pengembangan pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan - perhitungan yang akan mendukung ide kreatif yang akan menjadi beberapa pilihan alternatif. Hasil dari tahap evaluasi nantinya akan dikembangkan menjadi 2 buah ide kreatif yang dinyatakan lolos yaitu Metode Konvensional (PA-1), Metode *Floordeck* dan *Wiremesh* (PA-2).

Tahap Kriteria Evaluasi dilakukan evaluasi dengan beberapa kriteria evaluasi. Penilaian tersebut diperoleh dari hasil kuesioner oleh beberapa ahli konstruksi dan diolah dengan bantuan *software Expert Choise*.



Gambar 2. Hasil Perhitungan Penilaian Kriteria Evaluasi

Tabel 3. Rekapitulasi total value pilihan alternatif

No	Kriteria Evaluasi	Kode	Bobot (%)	
			PA-1	PA-2
1	Mutu dan Kekuatan	A	13.9	29.8
2	Penggunaan Peralatan	B	11.1	12.1
3	Kemudahan Pelaksanaan	C	12.2	7.8
4	Pengaruh Cuaca	D	5.2	7.9
Total Value			42.4	57.6

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penulis

Perhitungan desain pelat dilakukan dengan mengitung pelat beton sesuai dengan alternatif - alternatif yang dievaluasi. Metode perancangan pelat beton konvensional menggunakan data proyek yang diperoleh dari kontraktor. Pada desain pelat pelat beton, metode lantai dan kisi akan dihitung menurut peraturan *Steel Floor Institute (SDI) 2011* dan spesifikasi material PT Union Metal (Union Wire Mesh PT . UNION METAL, 2021).

Tabel 4. Data eksisting pelat lantai 1

Data Lantai elv.±0.00	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
Lx = Panjang arah x (mm)	5500	5000	4700	5500
Ly Panjang arah y (mm)	4500	2500	4000	5500
Tipe Pelat Lantai	Pelat Dua Arah			
Tebal Pelat (mm)	100 mm			
Tulangan Pokok	Φ 10 - 100			
Tulangan Susut	Φ 10 - 100			
Mutu beton	F'c = 18.68 Mpa (K225)			
Mutu Baja	Fy = 290 Mpa			

Sumber : Hasil pengolahan data penulis

Tabel 5. Data eksisting pelat lantai 2

Data Lantai elv.±4.00	Tipe 1	Tipe 2
Lx = Panjang arah x (mm)	2750	2500
Ly Panjang arah y (mm)	2250	2250
Tipe Pelat Lantai	Pelat Dua Arah	
Tebal Pelat (mm)	120 mm	
Tulangan Pokok	Φ 10 - 100	
Tulangan Susut	Φ 10 - 100	
Mutu beton	F'c = 18.68 Mpa (K225)	
Mutu Baja	Fy = 290 Mpa	

Sumber : Hasil Pengolahan Data Penulis

Tabel 6. Rekapitulasi momen lentur dan kuat geser metode konvensional 2

No	Perhitungan	Pelat Lantai 2	
		Tipe 1	Tipe 2
1	Tinggi Gelombang (mm)	50	50
2	Es (Mpa)	203000	203000
3	Wc (Kg/m³)	2400	2400
4	Fc (Mpa)	18.68	18.68
5	AS (mm²)	812.67	812.67
6	b (mm)	1050	1050
7	lx (mm⁴)	346734.56	346734.56
8	Fy (Mpa)	560	560
9	Φ	0.85	0.85
10	d (mm)	95	95
11	hc (mm)	70	70
12	n	9.29	9.29
13	p	0.008	0.008
14	Ycc (mm)	26.6	26.6
15	Ycs (mm)	68.4	68.4
16	Ic (mm⁴)	7149672.42	7149672.42
17	My (Nmm)	42.87	42.87
18	Mru (kNm)	36.44	36.44
19	Mu terbesar (kNm)	5.75	5.75
KETERANGAN		AMAN	AMAN

Sumber : Hasil pengolahan data penulis

Tabel 7. Rekapitulasi floordeck pelat lantai 1

No	Perhitungan	Pelat Lantai 2			
		Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
1	Tinggi Gelombang (mm)	50	50	50	50
2	Es (Mpa)	203000	203000	203000	203000
3	Wc (Kg/m³)	2400	2400	2400	2400
4	Fc (Mpa)	18.68	18.68	18.69	18.70
5	AS (mm²)	812.67	812.68	812.68	812.69
6	b (mm)	1050	1050	1050	1050

No	Perhitungan	Pelat Lantai 2			
		Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
7	Ix (mm <sup>4</sup> )	346734.56	346734.56	346734.57	346734.58
8	Fy (Mpa)	560	560	560	560
9	Φ	0.85	0.85	0.86	0.87
10	d (mm)	75	75	75	75
11	hc (mm)	50	50	50	50
12	n	9.29	9.29	9.30	9.31
13	p	0.01	0.01	0.01	0.01
14	Ycc (mm)	24	24	24	24
15	Ycs (mm)	51	51	51	51
16	Ic (mm <sup>4</sup> )	250883.23	250883.23	250883.23	250883.23
17	My (Nmm)	18.49	18.50	18.51	18.52
18	Mru (kNm)	15.72	15.73	15.74	15.75
19	Mu terbesar (kNm)	13.48	14.44	9.84	10.95
KETERANGAN		AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

Sumber : Hasil pengolahan data penulis

Tabel 8. Rekapitulasi *floordeck* pelat lantai 2

Pelat Lantai 1 Tipe 1 (5,5 x 4,5 m)			
No	Nama	Koefisien	Nilai
1	Mlx	28	5,895 kNm
2	Mly	20	4,211 kNm
3	Mtx	64	13,475 kNm
4	Mty	56	11,790 kNm
5	Vu	-	19,140 kN
Pelat Lantai 1 Tipe 2 (5 x 2,5 m)			
No	Nama	Koefisien	Nilai
1	Mlx	41	7,134 kNm
2	Mly	12	2,088 kNm
3	Mtx	83	14,442 kNm
4	Mty	57	9,918 kNm
5	Vu	-	17,400 kN
Pelat Lantai 1 Tipe 3 (4,7 x 4 m)			
No	Nama	Koefisien	Nilai
1	Mlx	28	4,305 kNm
2	Mly	20	3,075 kNm
3	Mtx	64	9,84 kNm
4	Mty	56	8,610 kNm
5	Vu	-	16,356 kN
Pelat Lantai 1 Tipe 4 (5,5 x 5,5 m)			
No	Nama	Koefisien	Nilai
1	Mlx	21	4,421 kNm
2	Mly	21	4,421 kNm
3	Mtx	52	10,948 kNm
4	Mty	52	10,948 kNm
5	Vu	-	19,140 kN
Pelat Lantai 2 Tipe 1 (2,75 x 2,25 m)			
No	Nama	Koefisien	Nilai
1	Mlx	28	2,516 kNm
2	Mly	20	1,797 kNm
3	Mtx	64	5,75 kNm
4	Mty	56	5,031 kNm
5	Vu	-	13,365 kN

Lanjutan Tabel 8

Pelat Lantai 1 Tipe 2 (5 x 2,5 m)			
No	Nama	Koefisien	Nilai
1	Mlx	25	2,246 kNm
2	Mly	21	1,887 kNm
3	Mtx	59	5,301 kNm
4	Mty	54	4,851 kNm
5	Vu	-	13,365 kN

Sumber : Hasil pengolahan data penulis

Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan *wiremesh* pelat lantai 1

No	Perhitungan	Pelat Lantai 1			
		Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
1	Wc (Kg/m <sup>2</sup> )	2400	2400	2400	2400
2	Fy w (Kg/cm <sup>2</sup> )	5000	5000	5000	5000
3	D awal (mm)	20	20	20	20
4	S awal (mm)	200	200	200	200
5	As awal (mm <sup>2</sup> )	785	785	785	785
6	As perlu(mm <sup>2</sup> )	377	377	377	377
7	As wv (mm <sup>2</sup> )	523	523	523	523
8	D pakai (mm)	10	10	10	10
9	S pakai (mm)	150	150	150	150
KETERANGAN		AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

Sumber : Hasil pengolahan data penulis

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan selisih kemampuan layan antara metode konvensional dan metode *floordeck* dan *wiremesh*. Dengan cara dilakukan perhitungan rata-rata pada kedua metode, dan hasilnya sebagai berikut :

Konvensional : 9,96 %  
 Floordeck dan Wiremesh : 22,63 %  
 Selisih kemampuan layan :  
 22,63 % - 9,96 % = 12,67 %

Tabel 10. Rekapitulasi perhitungan *wiremesh* pelat lantai 2

No	Perhitungan	Pelat Lantai 2	
		Tipe 1	Tipe 2
1	Wc (Kg/m <sup>2</sup> )	2400	2400
2	Fy w (Kg/cm <sup>2</sup> )	5000	5000
3	D awal (mm)	10	10
4	S awal (mm)	100	100
5	As awal (mm <sup>2</sup> )	785	785
6	As perlu(mm <sup>2</sup> )	377	377
7	As wv (mm <sup>2</sup> )	523	523
8	D pakai (mm)	10	10
9	S pakai (mm)	150	150
KETERANGAN		AMAN	AMAN

Sumber : Hasil pengolahan data penulis

Perhitungan analisa harga satuan dihasilkan biaya sebagai berikut :

1. Pelat Lantai tebal 10 cm
  - a. Metode Konvensional  
: Rp 3.941.644,39
  - b. Metode *Floordeck* dan *Wiremesh*  
: Rp. 1.908.164,91
2. Pelat Lantai tebal 12 cm
  - a. Metode Konvensional  
: Rp 3.604.074,66
  - b. Metode *Floordeck* dan *Wiremesh*

Pada perhitungan NPV dilakukan perhitungan biaya pemeliharaan. Berdasarkan Peraturan Pekerjaan Umum Nomor 24 Tahun 2008 Tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung, maka perawatan untuk tingkat kerusakan ringan, biayanya maksimum adalah sebesar 35% dari harga satuan tertinggi pembangunan bangunan gedung baru yang berlaku (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2008).

Tabel 11. Rekapitulasi perhitungan NPV

No	Pilihan Alternatif	Biaya Awal	Biaya Perawatan	NPV
1	PA-1	2.027.014.204,00	709.454.941,40	1,318 miliar
2	PA-2	1.925.641.774,00	673.974.620,90	1,252 miliar

Sumber : Hasil pengolahan data penulis

Tabel 12. Rekapitulasi nilai indeks

No	Uraian	PA-1	PA-2
1	NPV (Miliar Ruopiah)	1,318	1,252
2	Total Value	42,40%	57,60%
3	Nilai Indeks	3,11	2,17

Sumber : Hasil pengolahan data penulis

#### 4. KESIMPULAN

Pilihan alternatif terbaik yang dapat diterapkan pada pekerjaan struktur pelat lantai beton bertulang pada pembangunan gedung *administration building*, yakni metode *floordeck* dan *wiremesh* yang memiliki nilai indeks terkecil, total *value* lebih besar dari pada metode konvensional, dan biaya siklus hidup (*life cycle cost*) termurah yakni Rp 1.925.641.774,00. Dengan kemampuan layan lebih tinggi rata-rata 12,67% dari metode

konvensional. Dan dapat menghemat RAB sebesar Rp 101.372.430,00 atau sebesar 5%.

#### REFERENSI

- Bertolini, V., & Zacoeb, A. (2015). Aplikasi Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus Hotel Grand Banjarmasin). *Narotama Jurnal Teknik Sipil*, 1(2).
- Candral, A. I., & Siswanto, E. (2018). Rekayasa Job Mix Beton Ringan Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010. *Jurnal Civilla*, 3(2). <https://www.google.co.id/amp/s/bungelcuy.w>
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 24/Prt/M/2008 Tentang Pedoman Pemeliharaan Dan Perawatan Bangunan Gedung.
- Drs. M. Giatman. (2011). *Ekonomi Teknik*.
- Febriantoro, M. B., Susanto, S., & Siswanto, E. (2022). Meminimalisir Keterlambatan Waktu Dan Pembengkakan Biaya Proyek Pembangunan Gedung Kecamatan Dongko, Trenggalek Dengan Metode Nilai Hasil (Earned Value Method). *Jurnal Manajemen Teknologi Dan Teknik Sipil*, 5(1). <https://doi.org/10.30737/jurmateks>
- Hancher, D. (2002). Construction Planning And Scheduling. <https://doi.org/10.1201/9781420041217.ch2>
- Husen, A. (2010). *Manajemen Proyek*.
- Kaplan, M., Murray, R. A., Bidwell, R. L., Fouch, G. E., Sherwin, F. S., Sherwin, F. S., Redman, T. H., Chase, C., Morris, T. D., Orlando, M., & Everett, A. (1963). Society Of American Value Engineers. 6.
- Labombang, M. (2007). Penerapan Rekayasa Nilai (Value Engineering) Pada Konstruksi Bangunan. Smartek.

- Ridwan, A., & Ajiono, R. (2017). Pengendalian Biaya Dan Jadwal Terpadu Pada Proyek Konstruksi. *Ukarst*, 1(1).
- Saaty, T. L. (2001). *Chapter 2 Fundamentals Of The Analytic Hierarchy Process*. 15–35.
- Union Wire Mesh Pt . Union Metal. (2021). In Brosur.
- Yana, A., Gde, A. A., Erick, N., & Gede, I. W. (2018). Penerapan Analisis Fungsi Menggunakan Function Analysis System Technique (Fast) Diagram (Studi Kasus Sanur Independent School). *Konf. Nas. Tek. Sipil*, 18–19.