

ANALISIS *VALUE ENGINEERING* PADA STRUKTUR PONDASI *FOOTPLAT* MENGGUNAKAN SOFTWARE STAAD.PRO (STUDI KASUS GEDUNG UPT LOGAM KOTA PASURUAN)

Muhammad Saiful Anwar^{1,*}, Januar Sasongko²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Yudharta Pasuruan

*Email Korespondensi: m.saifulanwar50@gmail.com

Abstrak. Perkembangan teknologi dalam bidang rekayasa struktur memberikan dampak signifikan terhadap proses perencanaan dan analisis pondasi gedung. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan analisis *Value Engineering* (VE) pada struktur pondasi footplat Gedung UPT Logam Kota Pasuruan dengan fokus pada optimalisasi dimensi dan jumlah pondasi guna mencapai efisiensi biaya tanpa mengorbankan kualitas. Pendekatan kuantitatif digunakan dengan pengumpulan data dimensi dan biaya pondasi eksisting. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat lunak STAAD.Pro untuk menganalisis pengaruh perubahan dimensi pondasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan merekomendasikan ukuran baru pondasi 180 x 180 x 40 cm, penghematan biaya sebesar 29% tercapai dibandingkan dengan dimensi awal 210 x 210 x 50 cm dan 240 x 240 x 50 cm. Penggunaan ukuran baru ini tidak hanya memungkinkan efisiensi biaya, tetapi juga mempertahankan kualitas dan performa struktural yang sesuai. Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa penerapan *value engineering* memiliki potensi besar untuk mengoptimalkan proyek konstruksi dengan efisiensi biaya, pengawasan mutu yang baik, dan kelancaran pelaksanaan, memberikan kontribusi positif terhadap perkembangan industri konstruksi yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Pondasi Footplat, Staad.Pro, *Value Engineering*.

Abstract. *The advancement of technology in the field of structural engineering has significantly impacted the processes of building foundation planning and analysis. This study aims to implement Value Engineering (VE) analysis on the foundation structure of the Footplate of UPT Logam Building in Pasuruan City, with a focus on optimizing dimensions and the number of foundations to achieve cost efficiency without compromising quality. A quantitative approach was employed, involving the collection of data on existing foundation dimensions and costs. Testing was conducted using the STAAD.Pro software to analyze the effects of dimension changes on the foundation. The research findings reveal that by recommending a new foundation size of 180 x 180 x 40 cm, a cost-saving of 29% is achieved compared to the initial dimensions of 210 x 210 x 50 cm and 240 x 240 x 50 cm. This new size not only facilitates cost efficiency but also maintains the required quality and structural performance. The implication of this study is that the application of value engineering holds great potential for optimizing construction projects with cost efficiency, good quality control, and smooth execution, thereby making a positive contribution to sustainable development in the construction industry.*

Keywords: *Footplate Foundation, Staad.Pro, Value Engineering.*

1 Pendahuluan

Pondasi merupakan salah satu komponen paling krusial dalam struktur sebuah bangunan, berfungsi sebagai bagian bawah yang mendukung beban-beban dari seluruh bangunan di atasnya [1]. Perannya yang penting terletak pada kemampuannya untuk mendistribusikan beban-beban struktural, baik dari berat sendiri bangunan maupun beban-beban yang bekerja pada bangunan seperti beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Pondasi bertugas untuk meneruskan beban-beban tersebut ke tanah di bawahnya dengan cara yang aman dan efisien, sehingga mampu menjaga stabilitas dan integritas struktural keseluruhan bangunan [2]. Pemilihan jenis pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah di lokasi bangunan juga menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan struktural [3].

Pondasi footplat, adalah salah satu jenis pondasi dangkal yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan. Pondasi ini memiliki peran penting dalam mendukung beban-beban struktural dari kolom atau dinding bangunan dan mendistribusikan beban tersebut secara merata ke dalam tanah di bawahnya. Bentuknya yang datar membantu mengurangi tekanan yang diberikan pada tanah, sehingga tanah di bawah pondasi dapat menahan beban dengan lebih efisien [2]. Menganalisis pondasi footplat memiliki urgensi yang tinggi dalam proses perencanaan dan konstruksi bangunan, karena pondasi footplat berperan sebagai titik awal penyaluran dan penahanan beban struktural ke dalam tanah. Dengan menganalisis dimensi, kedalaman, jenis tanah, serta beban yang akan didukung oleh pondasi footplat, dapat diidentifikasi kemampuan dukungan tanah terhadap beban tersebut dan risiko potensial terjadinya penurunan, kegagalan struktural, atau pergeseran tanah yang dapat mengancam keamanan dan integritas bangunan. Analisis yang cermat dan tepat pada tahap perencanaan akan memastikan desain yang kokoh dan berkelanjutan, serta meminimalkan dampak negatif dari perubahan tanah atau beban struktural yang dapat terjadi selama masa pakai bangunan.

Menganalisis pondasi footplat secara akurat dan efisien dapat sangat dibantu dengan menggunakan perangkat lunak atau software analisis struktural khusus [4]. Penelitian [5] menyatakan bahwa dengan bantuan software, analisis dapat dilakukan dengan lebih cepat dan presisi tinggi, memungkinkan eksplorasi skenario yang beragam dan evaluasi dampak perubahan desain terhadap kinerja struktural. Salah satu perangkat lunak yang sangat berguna dalam menganalisis pondasi footplat adalah STAAD.Pro. Dengan antarmuka yang intuitif dan fitur yang komprehensif, STAAD.Pro mampu menghasilkan simulasi yang akurat dan prediksi respons struktural yang tepat. STAAD.Pro juga memiliki kapabilitas untuk menghasilkan laporan analisis yang terperinci dan grafik visual yang membantu pengguna dalam memahami perilaku pondasi footplat di bawah berbagai kondisi beban.

Dalam industri konstruksi modern, konsep *Value Engineering* (VE) menjadi semakin penting dalam memastikan efisiensi biaya dan kualitas struktur yang optimal. *Value engineering* adalah pendekatan

yang bertujuan untuk mengidentifikasi cara-cara baru atau alternatif dalam perancangan dan pelaksanaan proyek, dengan fokus pada pengurangan biaya tanpa mengorbankan kualitas atau kinerja structural [6], [7]. Melalui integrasi antara konsep *value engineering* dan hasil analisis dari STAAD.Pro, pekerjaan dapat bekerja secara kolaboratif untuk merancang struktur yang optimal dalam hal kinerja dan biaya [8]. Teknik-teknik seperti perubahan konfigurasi elemen struktural, pemilihan material yang lebih efisien, atau pengoptimalan ukuran elemen dapat diuji dan dievaluasi menggunakan perangkat lunak ini. Hasil analisis yang cepat dan visualisasi yang diberikan oleh STAAD.Pro memungkinkan tim untuk memutuskan pilihan desain yang paling menguntungkan dari segi *value engineering*, menghasilkan struktur yang kuat, aman, dan efisien secara ekonomi [8].

Analisis tersebut diimplementasikan pada proyek pembangunan Gedung UPT Logam di Kota Pasuruan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan meminimalisir pemborosan yang mungkin terjadi selama proses konstruksi. Dengan menggunakan perangkat lunak analisis struktural seperti STAAD.Pro, tim proyek dapat melakukan simulasi yang cermat untuk memahami bagaimana beban-beban struktural akan diterima oleh bangunan dan bagaimana elemen-elemen struktural dapat diatur secara efisien.

Dengan melakukan analisis mendalam terhadap desain pondasi dan menerapkan prinsip-prinsip Value Engineering, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih jelas tentang seberapa efisien biaya struktur pondasi tersebut setelah diterapkan optimisasi melalui *value engineering*. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur dampak nyata dari penerapan *value engineering* pada biaya dan efisiensi struktur pondasi.

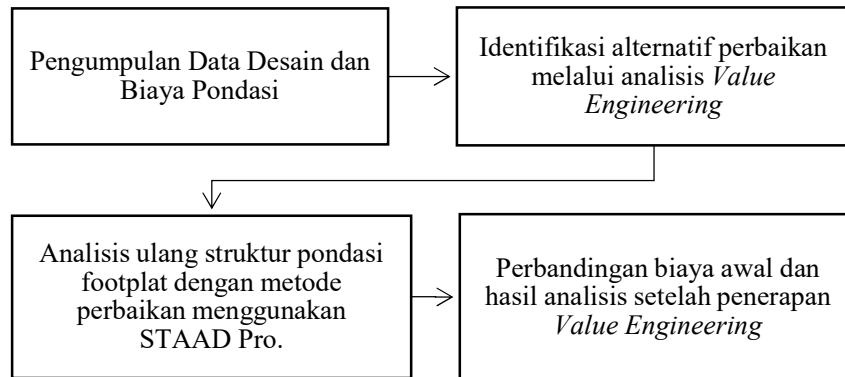
2 Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Desain penelitian yang diadopsi penelitian ini bersifat kuantitatif dengan menggunakan pendekatan analisis data numerik. Pendekatan kuantitatif ini bertujuan untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara objektif dan terukur, dengan fokus pada angka-angka [9]. Pendekatan ini dimanfaatkan untuk mengumpulkan data pondasi baik dimensi maupun biaya pada gedung UPT Logam Kota Pasuruan secara rinci yang didapatkan dari Disperindag Kota Pasuruan. Data-data ini kemudian akan diolah melalui perangkat lunak untuk mendapatkan hasil analisis numerik yang akurat dan dapat diukur.

2.2 Langkah-Langkah Penelitian

Dalam rangka menguji efektivitas dan efisiensi analisis *value engineering* pada struktur pondasi footplat Gedung UPT Logam di Kota Pasuruan dengan mempertimbangkan biaya dan desain, langkah-langkah penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.3 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan desain, pekerjaan, dan biaya pekerjaan pondasi footplat beserta spesifikasinya yang akurat pada Gedung UPT Logam Kota Pasuruan merupakan tahapan krusial dalam penelitian ini. Informasi ini diperoleh dari Disperindag (Dinas Perindustrian dan Perdagangan) Kota Pasuruan, dan menjadi landasan data yang valid dan dapat dipercaya. Data yang diperoleh meliputi desain struktural pondasi footplat, rincian pekerjaan yang terlibat, serta perincian biaya yang dianggarkan.

2.4 Tahap Analisis Data

Dalam penelitian ini, analisis data dijalankan dengan menerapkan pendekatan *value engineering* yang berfokus pada optimalisasi dimensi dan jumlah footplat serta dampaknya terhadap perubahan biaya. Pendekatan ini melibatkan evaluasi kritis terhadap dimensi dan jumlah footplat yang direncanakan, dengan tujuan untuk mengidentifikasi alternatif perbaikan yang dapat meningkatkan nilai (*value*) struktur dengan mempertimbangkan efisiensi biaya dan kualitas. Variasi ukuran dan jumlah footplat menjadi variabel yang diubah-ubah untuk mendapatkan konfigurasi terbaik yang memenuhi kebutuhan structural [10]. Penerapan pendekatan *value engineering* memungkinkan peneliti untuk menilai sejauh mana perubahan dimensi dan jumlah footplat dapat menghasilkan perubahan biaya secara keseluruhan.

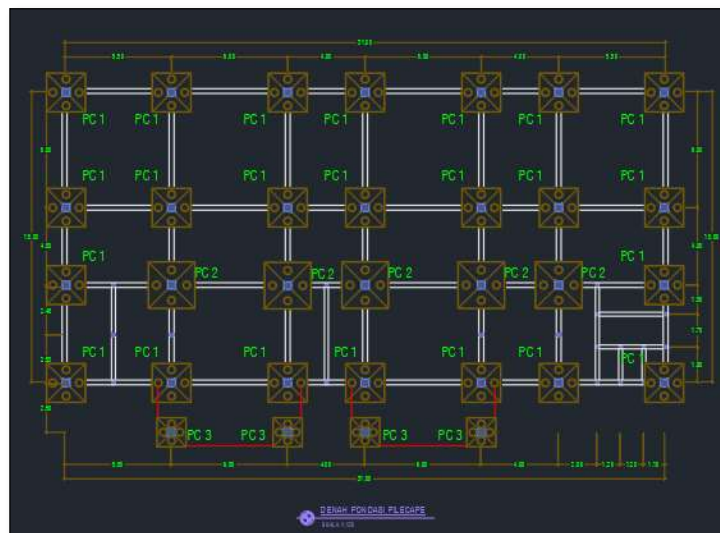
Pengujian variasi ukuran dan jumlah footplat melalui perangkat lunak STAAD Pro sesuai dengan PPI (Peraturan Pembebanan Indonesia) 1987 memberikan hasil numerik yang mendetail tentang perubahan karakteristik struktural dan biaya pekerjaan. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk merumuskan kesimpulan mengenai efisiensi biaya yang dapat dicapai melalui penerapan pendekatan *value engineering* pada pekerjaan pondasi footplat dalam perencanaan gedung UPT Logam Kota Pasuruan.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Desain Awal

Gedung UPT Logam Kota Pasuruan, yang terletak di Jl. Hangtuh No.29, Ngeplakrejo, Kec. Panggungrejo, Kota Pasuruan, Jawa Timur, 67114, memiliki fungsi sebagai gedung perkantoran. Gedung ini terdiri dari dua lantai dengan struktur menggunakan beton bertulang mutu K. 225. Dengan luas bangunan 31 x 15 meter, gedung ini mengunakan konsep beton bertulang yang kokoh untuk mengakomodasi fungsi perkantoran pada lantai 1 hingga 2. Dengan desain dan struktur yang jelas, gedung ini menjadi sebuah entitas arsitektur yang signifikan di lokasi tersebut.

Berdasarkan data yang telah berhasil dikumpulkan, terungkap bahwa struktur pondasi footplat yang digunakan dalam perencanaan gedung UPT Logam Kota Pasuruan mengadopsi standar mutu K. 225. Adapun peletakan atau denah rencana pondasi footplat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Denah Rencana Pondasi Footplat Gedung

Denah rencana pondasi footplat menunjukkan adanya tiga variasi ukuran pondasi yang digunakan untuk mendukung struktur gedung UPT Logam Kota Pasuruan. Pertama, terdapat pondasi dengan ukuran 210 x 210 x 50 cm, yang dipasang sebanyak 23 buah. Kedua, ada pondasi dengan dimensi 240 x 240 x 50 cm yang terpasang sebanyak 5 buah. Terakhir, pondasi dengan ukuran 150 x 150 x 50 cm juga ditemukan sebanyak 4 buah. Variasi dalam ukuran pondasi ini mengindikasikan adanya pertimbangan khusus terkait beban dan kondisi struktural di berbagai bagian gedung. Ketiga ukuran pondasi tersebut dilaksanakan dengan uraian pekerjaan yang sama yakni pembetonan, pembesian dan bekisting. Berdasarkan penelusuran volume, harga satuan dan pekerjaan setiap ukuran pondasi dapat disusun sehingga membentuk rencana anggaran biaya (RAB) pada desain awal yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rencana Anggaran Biaya

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
1	Pekerjaan Pile Cap PC 1 210x210x50				
	- Beton	50.72	m ³	1.203.265,54	61.029.628,19
	- Besi Ulir D 16-17.5	2.735,70	kg	16.705,37	45.700.880,71
	- Bekisting	96.60	m ²	182.924,87	17.670.542,44
2	Pekerjaan Pile Cap PC 2 240x240x50				
	- Beton	14.40	m ³	1.203.265,54	17.327.023,78
	- Besi Ulir D 16-17.5	760.13	kg	16.705,37	12.698.252,90
	- Bekisting	24.00	m ²	182.924,87	4.390.196,88
3	Pekerjaan Pile Cap PC 3 150x150x50				
	- Beton	4.50	m ³	1.203.265,54	5.414.94,93
	- Besi Ulir D 16-17.5	288.65	kg	16.705,37	4.822.005,05
	- Bekisting	18.00	m ²	182.924,87	3.292.647,66
Total					172.345.872,53

Dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang telah disusun (Tabel 1), terungkap bahwa total biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pondasi footplat dalam desain awal gedung UPT Logam Kota Pasuruan adalah sebesar Rp. 172.345.872,53. Angka ini mencakup semua komponen biaya yang terkait dengan perencanaan, bahan, tenaga kerja, dan sumber daya lain yang dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi pondasi footplat sesuai dengan desain awal.

3.2 Analisis *Value Engineering*

3.2.1 Tahap Informasi

Pada tahap informasi dalam analisis *value engineering*, semua informasi yang berkaitan dengan proyek atau objek yang akan dianalisis dikumpulkan dan dianalisis secara menyeluruh. Tahap ini telah diuraikan pada pembahasan di atas.

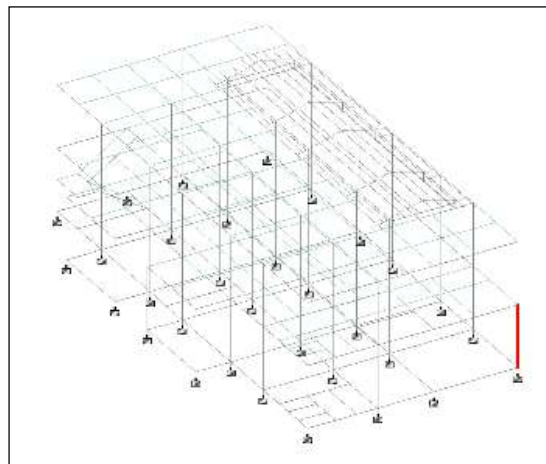
3.2.2 Tahap Kreativitas

Tahap kreativitas dalam analisis *value engineering* melibatkan inovasi untuk mencari alternatif perbaikan yang dapat meningkatkan nilai (*value*) proyek tanpa mengorbankan kualitas. Perubahan dimensi pondasi pada Gedung UPT Logam Kota Pasuruan, dimana sebelumnya terdapat variasi ukuran pondasi (210x210x50 dan 240x240x50) dilakuakn pada tahap kreativitas dengan mengusulkan ide untuk menggabungkan variasi ini menjadi satu tipe ukuran yang baru, yaitu 180x180x40 cm. Dalam hal ini, mengurangi dimensi dan ketebalan pondasi dapat membawa penghematan bahan dan biaya, sekaligus mempertahankan integritas struktural dan kapasitas dukungan yang memadai. Melalui pendekatan ini, *value engineering* berusaha untuk menciptakan solusi yang efisien dan efektif dalam merancang pondasi, mengurangi keragaman dimensi, namun tetap memenuhi persyaratan teknis dan fungsional.

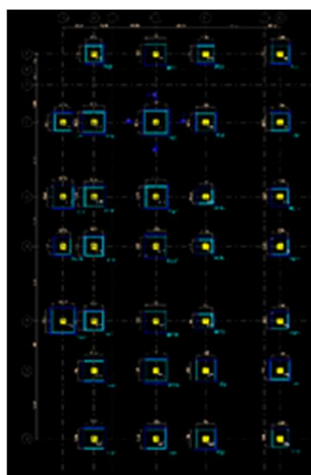
Perubahan ini mewakili upaya kreatif dalam memikirkan ulang desain pondasi secara lebih efisien, di mana perubahan dimensi dapat mempengaruhi aspek biaya dan kualitas struktur. Pendekatan kreatif semacam ini merupakan esensi dari analisis *value engineering*, yang berfokus pada pemikiran out-of-the-box untuk memberikan manfaat maksimal dalam proyek konstruksi.

3.2.3 Tahap Analisis

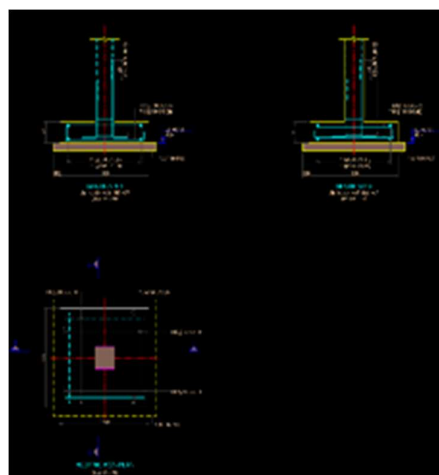
Tahap analisis dalam pendekatan *value engineering* pada penelitian ini dijalankan dengan menguji ukuran baru yang telah direkomendasikan pada tahap kreativitas. Pengujian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak STAAD.Pro, yang memungkinkan simulasi dan analisis struktural secara komprehensif. Ukuran baru pondasi footplat, yaitu 180 x 180 x 40 cm, akan dianalisis dalam lingkungan virtual menggunakan STAAD.Pro. Proses ini melibatkan proses penggambaran struktur gedung (Gambar 3) dan penggambaran denah pondasi footplat dengan ukuran baru (Gambar 4).



Gambar 3 Penggambaran Struktural Bangunan menggunakan Staad.Pro



(a) Denah Rencana



(b) Detail Pondasi Footplate 180 x 180 x 40 cm

Gambar 4 Denah dan Detail Pondasi Footplate 180 x 180 x 40 cm

Momen terbesar yang bekerja pada perhitungan struktur, sebagaimana yang dihasilkan oleh perangkat lunak STAAD.Pro pada Gedung UPT Logam, tercatat sebesar 582,742 kip/in. Hasil ini mencerminkan nilai maksimal momen yang diterapkan pada elemen struktural dalam desain bangunan.

Pada Gedung UPT Logam Pasuruan, setelah dilakukan analisis dan perhitungan berdasarkan ukuran pondasi footplat yang direkomendasikan oleh pendekatan *value engineering*, ditemukan bahwa jumlah pondasi footplat dengan dimensi baru 180 x 180 x 40 cm adalah sebanyak 28 buah. Hal ini menggambarkan bahwa ukuran baru ini memungkinkan penggunaan lebih banyak pondasi dengan konfigurasi yang lebih merata, untuk mendistribusikan beban secara optimal dan efisien. Di sisi lain, untuk ukuran pondasi footplat yang tetap, yaitu 150 x 150 x 50 cm, jumlahnya tetap sebanyak 4 buah. Dengan kedua variasi pondasi tersebut, dilanjutkan dengan analisis biaya menggunakan harga satuan yang tetap, untuk mendapatkan total biaya baru.

3.2.4 Tahap Penyajian

Pada tahap penyajian, informasi yang telah dikumpulkan dan dianalisis selama proses analisis *value engineering* akan ditampilkan secara jelas. Ini mencakup jumlah pondasi, dimensi pondasi, serta biaya yang terkait dengan desain awal dan hasil dari penerapan *value engineering* yang dibandingkan, disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Perbandingan Biaya Pekerjaan Pondasi

No	Desain awal		Desain <i>Value Engineering</i>		Biaya (Rp.)	
	Jumlah Pondasi Footplat (buah)	Dimensi Pondasi	Jumlah Pondasi Footplat (buah)	Dimensi Pondasi	Awal	<i>Value Engineering</i>
1	23	210x210x50	28	180x180x40	124.401.051,34	108.404.329,05
2	5	240x240x50			34.415.473,55	
3	4	150x150x50	4	150x150x50	12.529.347,64	12.529.347,64
		Jumlah			172.345.872,53	120.933.676,69

Berdasarkan informasi yang tertera dalam tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa biaya pada desain awal gedung UPT Logam sebesar Rp. 172.345.872,53, sedangkan setelah penerapan *value engineering*, biaya yang dihasilkan adalah sebesar Rp.120.933.676,69. Perbandingan ini menggambarkan penghematan biaya yang signifikan sebesar Rp.51.412.195,84 setelah penerapan VE. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa penerapan *value engineering* pada pondasi footplat gedung UPT Logam telah berhasil mengoptimalkan biaya secara efektif tanpa mengorbankan kualitas struktur. Secara lebih detail, analisis penghematan biaya dengan pendekatan *value engineering* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Analisis Penghematan

Rencana awal	Dimensi footplat 210x210x50
	Diameter tulangan D 16 mm
	Jumlah 23
Rencana <i>value engineering</i>	Dimensi footplat 180x180x40
	Diameter tulangan D 16 mm
	Jumlah 23
Alasan	Biaya lebih murah
	Pengawasan mutu baik
	Mudah dalam Pelaksanaan
Biaya Awal	Rp.172.345.872,53
Biaya Setelah usulan	Rp.120.933.676,69
Penghematan	Rp. 51.412.195,84
Penghematan (%)	Rp. 51.412.195,84/
	Rp.172.345.872,53 x 100% = 29%

Hasil analisis penghematan yang dihasilkan dari penerapan *value engineering* pada pondasi footplat Gedung UPT Logam menunjukkan bahwa terjadi pengurangan biaya sebesar 29%. Dampak ini mengindikasikan bahwa biaya proyek menjadi lebih terjangkau setelah penerapan VE, memberikan manfaat ekonomis yang signifikan. Selain itu, *value engineering* juga berdampak positif terhadap pengawasan mutu, karena perubahan desain yang diterapkan melalui pendekatan ini dilakukan dengan mempertimbangkan faktor kualitas struktural dan fungsional. Dengan adanya pengurangan biaya yang signifikan dan pengawasan mutu yang tetap baik, penerapan *value engineering* juga memberikan manfaat dalam pelaksanaan proyek yang lebih mudah. Penyederhanaan dimensi pondasi menjadi satu tipe ukuran baru, yaitu 180 x 180 x 40 cm, memudahkan pelaksanaan dan pengelolaan konstruksi. Oleh karena itu, keseluruhan hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan *value engineering* pada pondasi footplat membawa dampak positif dalam hal efisiensi biaya, mutu, dan kelancaran pelaksanaan proyek.

4 KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini mengindikasikan bahwa penerapan *value engineering* pada pekerjaan pondasi footplat dalam perencanaan Gedung UPT Logam Kota Pasuruan telah menghasilkan hasil yang signifikan. Besaran biaya yang dihasilkan setelah penerapan *value engineering* adalah sebesar Rp.120.933.676,69, yang menunjukkan adanya pengurangan biaya dari angka awal sebesar Rp.172.345.872,53. Hal ini mengindikasikan potensi penghematan yang berhasil dicapai melalui penerapan *value engineering*. Perbandingan biaya struktur pondasi sebelum dan setelah penerapan *value engineering* menghasilkan persentase penghematan sebesar 29%. Hasil ini menggambarkan keberhasilan *value engineering* dalam meningkatkan efisiensi biaya tanpa mengorbankan kualitas struktur. Oleh karena itu, penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *value engineering* pada pekerjaan pondasi footplat dapat memberikan kontribusi positif dalam mencapai efisiensi biaya dalam perencanaan struktur bangunan.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Peraturan Bangunan Nasional Cetakan Kelima*. 1978.
- [2] A. Hakam, *Rekayasa Pondasi*. Padang: CV. Bintang Grafika, 2008.
- [3] M. Tumpu *et al.*, *Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana*. Gowa: CV. Tohar Media, 2022.
- [4] E. A. Euis Amilia, C. Umam, and B. Heryanto, “ANALISIS STRUKTUR PONDASI FOOT PLAT PADA BANGUNAN RUMAH LANTAI 3 DENGAN MENGGUNAKAN SAP2000,” *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, vol. 4, no. 02, Oct. 2022, doi: 10.47080/josce.v4i02.2126.
- [5] Y. Wunda, N. Rasidi, and H. Setya Wijaya, “Analisis Kekuatan Efisiensi Biaya Pada Pembangunan Gedung Cafe Suhat Kota Malang Dengan Bim (Aplikasi Tekla Structures),” Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang, Malang, 2022.
- [6] K. Ilayaraja and MD. Zafar Eqyaabal, “Value Engineering in Construction,” *Indian J Sci Technol*, vol. 8, no. 32, Nov. 2015, doi: 10.17485/ijst/2015/v8i32/87285.
- [7] S. Atabay and N. Galipogullari, “Application of Value Engineering in Construction Projects,” in *10th International Congress on Advances in Civil Engineering*, Ankara: Middle East Technical University, Oct. 2012, pp. 78–87. [Online]. Available: <http://rtoc.ida.org>,
- [8] M. Muhlis, “Aplikasi Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Gedung ICU, ICCU, NICCU Rumah Sakit Umum Dr. Saiful Anwar Malang,” *DAKTILITAS Jurnal Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 54–66, 2021.
- [9] S. Priadana and D. Sunarsi, *Metode Penelitian Kuantitatif*, 1st ed. Tangerang: Pascal Books, 2021.
- [10] B. Sulistyanto, N. S. Surjandari, and Y. M. Purwana, “SIMULASI PERILAKU PONDASI GABUNGAN FOOT PLAT DAN SUMURAN PADA VARIASI DIMENSI FOOT PLAT DAN DIAMETER SUMURAN,” *MATRIKS Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 216–223, Mar. 2015.