

SURAT TUGAS

Nomor: 659-R/UNTAR/PENELITIAN/VIII/2026

Rektor Universitas Tarumanagara, dengan ini menugaskan kepada saudara:

OEI FUK JIN, S.T.,M.Eng.,D.Eng.

Untuk melaksanakan kegiatan penelitian/publikasi ilmiah dengan data sebagai berikut:

Judul	:	Implementasi Rekayasa Nilai Pada Pemilihan Material Penutup Dinding Proyek Rumah Tinggal di Muara Karang
Nama Media	:	Jurnal Mitra Teknik Sipil
Penerbit	:	Universitas Tarumanagara
Volume/Tahun	:	Vol. 8, No. 4, November 2025
URL Repository	:	https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/34387

Demikian Surat Tugas ini dibuat, untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan melaporkan hasil penugasan tersebut kepada Rektor Universitas Tarumanagara

17 Agustus 2026

Rektor



Prof. Dr. Amad Sudiro, S.H., M.H., M.Kn., M.M.

Print Security : 517acd7a070f50b9705de1eb95a5350d

Disclaimer: Surat ini dicetak dari Sistem Layanan Informasi Terpadu Universitas Tarumanagara dan dinyatakan sah secara hukum.

OFFICE
Jl. Letjen S. Parman No 1, Jakarta Barat 11440

PHONE
+62 21-5671 747 (Hunting)
+62 21-5695 8723 (Admission)

EMAIL
humas@untar.ac.id

WEBSITE
untar.ac.id

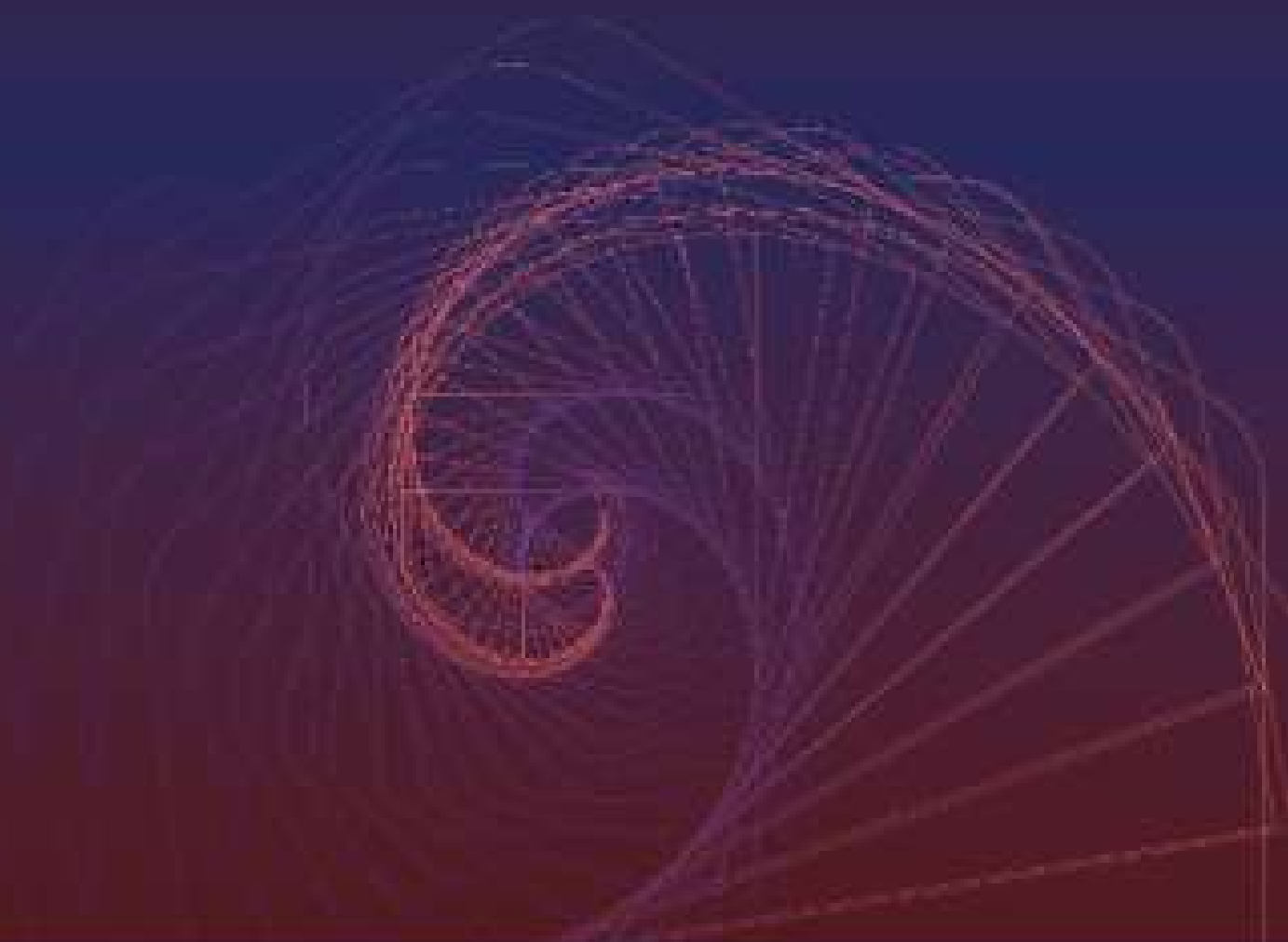
  
Untar Jakarta



JMTS

JURNAL MITRA TEKNIK SIPIL

Volume 8 No. 4 November 2025



e-ISSN : 2622-545X

Program Studi Sarjana Teknik Sipil UNTAR



Home (<https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/index>) / Editorial Team

Editorial Team

EDITOR-IN-CHIEF



Ir. Andy Prabowo, S.T., M.T., Ph.D, IPM

<https://scholar.google.co.id/citations?hl=en&user=ZOES29sAAAAJ>

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 5990714

SCOPUS ID : 57208864571

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9714-7601>

EXECUTIVE EDITORS



Dr. Ir. Arif Sandjaya, S.T., M.T.

<https://scholar.google.com/citations?user=1dzGBGcAAAAJ&hl=en>

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 5990115

SCOPUS ID : 57211783684

Vittorio Kurniawan, S.T., M.Sc.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=mdwFIOcAAAAJ>

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 6788930

SCOPUS ID : 57211110733



Lidwina Sri Ayu DR Sianturi, S.T., M.T.

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

EDITORIAL BOARD



Prof. Ir. Leksmono Suryo Putranto, M.T., Ph.D.

<https://scholar.google.co.id/citations?hl=en&user=7MA8D0IAAAAJ>

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 5989299

SCOPUS ID : 42462058200



Dr. Widodo Kushartomo, M.Si.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=jIUo-ylAAAAJ>

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 5990056

SCOPUS ID : 57170743000



Dr. Daniel Christianto, S.T., M.T.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=JwsfaoEAAAAJ>

Universitas Tarumanagara

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 5990086

SCOPUS ID : 55502058500



Yenny Untari Liucius, S.T., M.T.

<https://scholar.google.com/citations?user=k5y4kgwAAAAJ&hl=en>

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SCOPUS ID : 57208864705



Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=Fp4ygclAAAAJ>

Universitas Tarumanagara, Indonesia

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 5985125

SCOPUS ID : 572186287



Ir. Arianti Sutandi, M.Eng.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=81goilwAAAAJ>

Universitas Tarumanagara

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 5990911

SCOPUS ID : 57218628799



Ir. Sunarjo Leman, M.T.

<https://scholar.google.co.id/citations?user=Ntrvhk8AAAAJ&hl=id>

Universitas Tarumanagara

Program Studi Sarjana Teknik Sipil

SINTA ID : 5985195

SCOPUS ID : 57221745371



Dr. Eng. Mia Wimala, S.T., M.T.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=cY4XPS8AAAAJ>

Universitas Katholik Parahyangan, Indonesia

Program Studi Teknik Sipil

SINTA ID : 259833

SCOPUS ID : 57189385224

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-6520-2744>



Erwin Lim, S.T., M.S., Ph.D.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=UjfJOnoAAAAJ>

Institut Teknologi Bandung, Indonesia

Program Studi Teknik Sipil

SINTA ID : 6645639

SCOPUS ID : 36093026700

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-6750-7031>



Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=scxqdEQAAAAJ>

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Program Studi Teknik Sipil

SINTA ID : 6023229

SCOPUS ID : 7409950474

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0002-5981-0812>

ADVISORY INTERNATIONAL EDITORIAL BOARDS



Prof. Monty Sutrisna, Ph.D.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=FYqb558AAAAJ>

Massey University, New Zealand

School of Built Environment

SCOPUS ID : 16022965700

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-7265-6373>



Prof. Buntara Sthenly Gan, Ph.D.

<https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=aVS5vKQAAAAJ>

Nihon University, Japan

Department of Architecture

SCOPUS ID : 53864786800

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0003-1740-8363>



Dr. Yohannes Lim Yaphary

<https://scholar.google.com/citations?user=3WnrArwAAAAJ&hl=en>

Element Singapore

SCOPUS ID : 57192588671

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0002-4884-7724>

Registrasi (<https://forms.gle/fkG3vgrbVgZ3JdXu6>)

Template



([https://docs.google.com/uc?export=download&id=1acCYa-oswZ-](https://docs.google.com/uc?export=download&id=1acCYa-oswZ-SfzARuy4zEdiKBRVC9Y4T)

[SfzARuy4zEdiKBRVC9Y4T](https://docs.google.com/uc?export=download&id=1acCYa-oswZ-SfzARuy4zEdiKBRVC9Y4T))

Tools

Plagiarism Tool



(<https://www.turnitin.com/>)

Reference Management Tool, download here



(<https://www.mendeley.com/download-desktop/>)

Use APA Style, download here



([https://csl.mendeley.com/styleInfo/?](https://csl.mendeley.com/styleInfo/?styleId=http%3A%2F%2Fwww.zotero.org%2Fstyles%2Fapa)

[styleId=http%3A%2F%2Fwww.zotero.org%2Fstyles%2Fapa](https://csl.mendeley.com/styleInfo/?styleId=http%3A%2F%2Fwww.zotero.org%2Fstyles%2Fapa))

Akreditasi



([https://drive.google.com/file/d/1HnC8EAz8yB-](https://drive.google.com/file/d/1HnC8EAz8yB-povb567FmissyUP8gYn3o/view?usp=sharing)

[povb567FmissyUP8gYn3o/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1HnC8EAz8yB-povb567FmissyUP8gYn3o/view?usp=sharing))

Author Notice



(<https://docs.google.com/uc?export=download&id=1Afchd9MxL8fVTOBAsBLh9c90e9nusoss>)

Ethical Statement



(https://docs.google.com/uc?export=download&id=1tAulrty_icHi3iWvreDPfT2EN1oBITCo)

Authorship Agreement



([https://docs.google.com/uc?export=download&id=1rRw-](https://docs.google.com/uc?export=download&id=1rRw-bJLC4JxEW2Rs9qCsdrLkwEe48HHm)

[bJLC4JxEW2Rs9qCsdrLkwEe48HHm](https://docs.google.com/uc?export=download&id=1rRw-bJLC4JxEW2Rs9qCsdrLkwEe48HHm))

Copyright Transfer

Platform & workflow by OJS / PKP

(<https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/about/aboutThisPublishingSystem>)

JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil

Vol. 8 No. 4, November 2025

Daftar Isi

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI DAN <i>CYCLIC MOBILITY</i> AKIBAT GEMPA BUMI DI TANGERANG SELATAN DAN WAKATOBI <i>Jonathan Jonathan, Aniek Prihatiningsih, dan Sunarjo Leman</i>	1009-1020
PEMANFAATAN <i>RAINWATER HARVESTING</i> UNTUK KEBUTUHAN AIR BERSIH DI PERUMAHAN JAKARTA BARAT <i>Faris Fakhruddin dan Wati Asriningsih Pranoto</i>	1021-1028
PERHITUNGAN MANUAL DAN PEMODELAN ELEMEN HINGGA <i>TRIAL TEST DYNAMIC COMPACTION</i> BANDARA YOGYAKARTA KULON PROGO <i>Ali Iskandar, Ivan Rezky, dan Inda Sumarli</i>	1029-1042
PEMODELAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN <i>PRELOADING, DEEP MIXING COLUMN</i> , DAN <i>STONE COLUMN</i> <i>Indra Noer Hamdhan dan Muchamad Ansharie Raasyid</i>	1043-1056
PERAN <i>FLUID VISCOUS DAMPER</i> (FVD) DALAM MEREDUKSI RESPON DAN MENINGKATKAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN AKIBAT AKTIVITAS SEISMIK <i>Laode Azan Muzahab, Rahma Aulia Putri, Rafi Irvana Mufid, Aryasatya Julian Ahmad, dan Mochamad Fauzi</i>	1057-1072
STUDI KUAT LENTUR PADA BETON TANPA AGREGAT KASAR DENGAN SERAT BAJA <i>Daniel Christianto, Yenny Untari Liucius, dan Albert Tan</i>	1073-1078
PENGARUH SERAT TERHADAP TEGANGAN DAN REGANGAN PADA BETON TANPA AGREGAT KASAR <i>Yenny Untari Liucius, Tavio, Daniel Christianto, dan Benedict Lim</i>	1079-1086
EVALUASI KINERJA DENGAN METODE PUSHOVER PADA STRUKTUR KOMPOSIT 10 LANTAI DENGAN VARIASI BRACING <i>Yenny Untari Liucius, Rangga Winata, Sunarjo Leman, dan Arif Sandjaya</i>	1087-1096
INOVASI PENGAWETAN TULANGAN BAMBU MENGGUNAKAN ASAM SULFAT UNTUK MENINGKATKAN KINERJA BALOK BETON BERKELANJUTAN <i>Israel Padang, Harni Eirene Tarru, dan Esthon Korzheba Ruru, dan Juniarto Budi Patandianan</i>	1097-1106
PERBANDINGAN METODE MEKANIS DENGAN METODE <i>BLASTING</i> PADA PEMBANGUNAN TEROWONGAN BENDUNGAN RUKOH <i>Yunita Mauliana dan Yudha Hanjaya</i>	1107-1118

EVALUASI VOLUME KENDARAAN DI JALAN MAGELANG SEMARANG DENGAN MEMANFAATKAN APLIKASI <i>IMAGE PROCESSING</i> <i>Julian Anindito Widiatmoko, Tri Retno Setiyawati, Halim Qista Karima, Novita Dini, Aswa Talita Suwarno Putri, Nila Nurlina</i>	1119-1126
ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN METODE <i>SEVERITY INDEX</i> DAN <i>CONSTRUCTION SAFETY ANALYSIS</i> <i>Narindha Nasywa Azzakiyah, Elian Zhafira, Rajiman, dan Putri Ayu Dwiyanana</i>	1127-1140
<i>WATER FOOTPRINT</i> DI SEMARANG: STUDI PADA TANAMAN JAGUNG, KEDELAI, DAN KACANG TANAH <i>Hillaryana Epriscamayeni Bandur, Cindy Louisa, Bella Koes Paulina Cantik, Shofwatul Fadilah, dan Elenora Gita Alamanda Sapan</i>	1141-1150
ANALISIS PENGARUH BENTUK BUTIRAN PASIR PADA PENGUJIAN PERMEABILITAS CAMPURAN TANAH BSD METODE <i>CONSTANT HEAD</i> <i>Alfan Tamimi, Daniel Christianto, dan Amelia Yuwono</i>	1151-1164
PERBANDINGAN KINERJA CAMPURAN BERASPAL DARI ASPAL PEN 60/70 DAN ASPAL PG DI INDONESIA <i>Syaripin, Niswah Selmi Kaffa, Tedy Pranadiars, Ahmad Farid Ardiansyah, Gholiqu Amrodh Alawy, dan Rohmahillah Aviskanasya Septiandri</i>	1165-1176
KARAKTERISTIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS METAKAOLIN TORAGET DENGAN PERAWATAN SUHU RUANG <i>Chichilya Selistye Pricilya Sondakh, Samuel Butar-Butar, dan Mickson Pinori</i>	1177-1186
STUDI <i>RETROFIT</i> DENGAN <i>BRACING</i> BAJA PADA BANGUNAN BERSEJARA <i>Lady Zabrina Khangora dan Roesdiman Soegiarso</i>	1187-1196
ANALISIS UMUR RENCANA TEBAL DESAIN PERKERASAN LENTUR BERDASARKAN AASHTO 1993 DAN METODE MEKANISTIK EMPIRIS <i>Anjeli Alfhira, Edi Yusuf Adiman, Mardani Sebayang, dan Agus Ika Putra</i>	1197-1210
<i>SPT-EFFECTIVE SHEAR PARAMETER CORRELATION FOR SOFT CLAY IN JAKARTA USING BIG DATA</i> <i>Ali Iskandar, Gregorius Sandjaja Sentosa, Aksan Kawanda, Felicia Yohana, Felicia Refalina Tantobudiono, dan Athena Callista</i>	1211-1220
ANALISIS PEMILIHAN MODA TRANSPORTASI BERDASARKAN PREFERENSI MAHASISWA UNIVERSITAS TARUMANAGARA <i>Deren Hansel, Edison Leo, dan Hokbyan R.S. Angkat</i>	1221-1232
EVALUASI SIMPANG APILL KALIBATA – PASAR MINGGU BERDASARKAN PKJI 2023 DAN SIMULASI PTV VISSIM <i>Syeimaa Salsabila, Lidwina Sri Ayu DR Sianturi, Hokbyan R.S Angkat, dan Najid</i>	1233-1240
ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL MENGGUNAKAN PKJI 2023 DAN MIKROSIMULASI PTV VISSIM PADA SIMPANG EMPAT MUNCUL, SERPONG <i>Amanda Greta Theodora, Najid, Hokbyan R.S Angkat, dan Lidwina Sri Ayu DR Sianturi</i>	1241-1248

EVALUASI REKAYASA PENERAPAN <i>ELECTRONIC ROAD PRICING</i> PADA JALAN LAYANG PESING <i>Rafael Dean Widjaja dan Leksmono Suryo Putranto</i>	1249-1256
KAJIAN NILAI DAN PENYEBAB <i>CHANGE ORDER</i> PADA PROYEK GEDUNG KANTOR X DI JAKARTA <i>Aurelius Jorrel Wirandy dan Mega Waty</i>	1257-1270
PENGARUH PENAMBAHAN <i>MEZZANINE</i> BAJA TERHADAP KERETAKAN BALOK BETON BERTULANG DAN ALTERNATIF PERBAIKANNYA <i>Antonius Erick Susanto, Basuki Anondho, dan Arianti Sutandi</i>	1271-1282
IMPLEMENTASI REKAYASA NILAI PADA PEMILIHAN MATERIAL PENUTUP DINDING PROYEK RUMAH TINGGAL DI MUARA KARANG <i>Jason Christian Sukma dan Fuk Jin Oei</i>	1283-1292
ANALISIS KINERJA RUAS JALAN PANGERAN ANTASARI BANDAR LAMPUNG MELALUI PENGATURAN <i>U-TURN</i> MENGGUNAKAN MIKROSIMULASI LALU LINTAS <i>Michael, Reynaldi Andinata, dan Galih Rio Prayogi</i>	1293-1308

IMPLEMENTASI REKAYASA NILAI PADA PEMILIHAN MATERIAL PENUTUP DINDING PROYEK RUMAH TINGGAL DI MUARA KARANG

Jason Christian Sukma¹ dan Fuk Jin Oei^{1*}

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia

*fukjin.untar@gmail.com

Masuk: 11-07-2025, revisi: 27-10-2025, diterima untuk diterbitkan: 11-11-2025

ABSTRACT

This study applies the value engineering method to determine the optimal wall material for a two-story residential project in Muara Karang, North Jakarta. In this study, high-cost work items were identified using a cost model and a Pareto Diagram. The primary focus of the analysis is on wall construction, one of the significant components influencing the overall cost of the project. The following wall material alternatives were evaluated using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method: red brick, black pressed concrete block, and lightweight brick. The evaluation criteria include construction cost, material weight, fire resistance, and material durability within the long term. The results of the AHP analysis show that black pressed concrete blocks are the most efficient alternative, achieving the highest score and offering a cost saving of 13.23% compared to the initial design using red brick. Additionally, a Life Cycle Costing (LCC) analysis with a Net Present Value (NPV) approach was conducted, revealing minimal cost differences between the two proposed alternatives.

Keywords: value engineering, AHP, wall material, cost efficiency, LCC.

ABSTRAK

Penelitian ini menerapkan metode rekayasa nilai untuk menentukan material dinding yang optimal pada proyek rumah tinggal dua lantai di Muara Karang, Jakarta Utara. Dalam penelitian ini, item pekerjaan dengan kontribusi biaya tinggi diidentifikasi menggunakan *cost model* dan Diagram Pareto. Fokus utama dari analisis adalah pada pekerjaan dinding, salah satu komponen dengan pengaruh besar terhadap biaya keseluruhan proyek. Alternatif material dinding berikut dievaluasi menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* pada penelitian ini: bata merah, batako hitam press, dan bata ringan. Kriteria evaluasi yang digunakan mencakup biaya konstruksi, berat material, ketahanan api, serta ketahanan material dalam jangka panjang. Hasil dari analisis AHP menunjukkan bahwa batako hitam press merupakan alternatif yang paling efisien, dengan memperoleh skor tertinggi dan menawarkan penghematan biaya sebesar 13,23% dibandingkan dengan desain awal yang menggunakan bata merah. Selain itu, dilakukan analisis *Life Cycle Costing (LCC)* dengan pendekatan *Net Present Value (NPV)*, yang menghasilkan perbedaan biaya minim antara kedua alternatif yang ditawarkan.

Kata kunci: rekayasa nilai, AHP, material dinding, efisiensi biaya, LCC.

1. PENDAHULUAN

Achirwan et al. (2013) menuliskan bahwa salah satu indikator keberhasilan suatu proyek adalah memberikan keuntungan finansial yang memadai bagi kontraktor. Oleh karena itu, dalam melaksanakan proyek perlu dilakukan pengendalian pembiayaan proyek atau *cost control* yang ketat. Diantara berbagai metode yang dapat diterapkan untuk mengendalikan biaya proyek, perencana dapat mengajukan penggunaan material alternatif untuk item-item pekerjaan tertentu. Upaya kreatif dalam melakukan identifikasi, analisis, dan pemilihan alternatif-alternatif tersebut dikenal sebagai *value engineering* atau rekayasa nilai.

Menurut Pandit (2023), rekayasa nilai merupakan pendekatan untuk mengoptimalkan efisiensi biaya, sembari mempertahankan atau meningkatkan kualitas proyek konstruksi. Pada fase pra-konstruksi, rekayasa nilai menjadi penting dalam menyeimbangkan batasan biaya dengan persyaratan proyek dengan mengidentifikasi inovasi pada desain dan material. Rekayasa nilai tidak diterapkan pada seluruh komponen dari suatu bangunan, melainkan dipilih berdasarkan biaya yang dibutuhkan untuk setiap item pekerjaan. Hal ini dikarenakan terdapatnya batasan waktu pengerjaan proyek, serta perbedaan penghematan yang dapat dicapai dari setiap item yang ditinjau.

Salah satu pekerjaan yang krusial, khususnya pada bangunan jenis rumah tinggal, adalah pekerjaan dinding. Kristiana (2016) dalam Wardani & Puspo (2021) menyebutkan bahwa dinding memiliki fungsi sebagai pelindung penghuni dari

berbagai serangan-serangan eksternal yang berasal dari alam. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ariva (2020), disimpulkan bahwa pekerjaan dinding termasuk pekerjaan yang membutuhkan biaya besar dalam pelaksanaannya.

Telah terdapat beberapa penelitian yang mengkaji efisiensi biaya proyek dengan menerapkan metode rekayasa nilai. Penelitian dari Chandra et al. (2023) yang berfokus menentukan alternatif material dinding proyek perumahan berhasil memperoleh penghematan sebesar 17% terhadap total pekerjaan dinding. Juga terdapat penelitian dari Kencana & Waty (2021) yang mengkaji pemilihan jenis beton untuk pengerjaan proyek perumahan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*), dimana alternatif yang terpilih adalah beton pracetak/*precast*. Dengan menggunakan metode rekayasa nilai untuk pemilihan material dan AHP untuk pengambilan keputusan, penelitian ini bertujuan untuk menentukan material dinding yang paling ideal untuk proyek rumah tinggal, dengan mempertimbangkan baik biaya maupun kualitas hasil akhir pekerjaan. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kriteria yang dijadikan prioritas dalam pembangunan proyek yang ditinjau, serta penghematan yang berpotensi didapatkan dari setiap alternatif. Lokasi sekaligus objek pada penelitian ini adalah proyek rumah tinggal 2 lantai yang terletak di Muara Karang, Pluit, Jakarta Utara.

Definisi rekayasa nilai

Rekayasa nilai dalam teknik sipil diartikan sebagai sebuah pendekatan terstruktur dengan tujuan utama memaksimalkan nilai keseluruhan dari suatu proyek konstruksi. Nilai yang dimaksud tidak hanya menyangkut biaya yang dikeluarkan, namun juga faktor-faktor lainnya seperti waktu pelaksanaan, kualitas dan reliabilitas hasil akhir pekerjaan, fungsi didirikannya proyek tersebut, atau visi dari sang pemilik. Berikut adalah definisi rekayasa nilai menurut kutipan dari beberapa ahli:

1. Menurut Zimmerman dan Hart (1982), rekayasa nilai adalah sebuah pendekatan yang bersifat kreatif dan sistematis dengan tujuan untuk mengurangi atau menghilangkan biaya-biaya yang tidak diperlukan.
2. Menurut Prastowo (2012), rekayasa nilai adalah evaluasi sistematis untuk mengkaji dan memikirkan berbagai komponen kegiatan seperti pengadaan, fabrikasi, dan konstruksi serta kegiatan-kegiatan lain dalam kaitannya antara biaya terhadap fungsinya, dengan tujuan mendapatkan penurunan biaya proyek secara keseluruhan.
3. Menurut Miles (1971) dalam Barrie dan Poulson (1984), rekayasa nilai adalah suatu pendekatan yang terorganisasi dan kreatif yang bertujuan untuk mengadakan pengidentifikasian biaya yang tidak perlu.

Aspek utama rekayasa nilai

Theongsal (2023) menjelaskan bahwa rekayasa nilai pada proyek konstruksi terdiri dari aspek utama, yaitu nilai (*value*), fungsi (*function*), dan biaya (*cost*). Dibawah ini merupakan penjelasan untuk ketiga aspek tersebut:

1. Nilai (*value*) adalah aspek yang bersifat subjektif dan kualitatif, dimana nilai suatu alternatif diukur dari kepuasan pihak konsumen dengan mempertimbangkan kriteria-kriteria yang dicari untuk alternatif tersebut.
2. Fungsi (*function*) adalah aspek yang menekankan bahwa alternatif yang diajukan perlu memenuhi kegunaan-kegunaan spesifik berdasarkan rencana awal bangunan.
3. Biaya (*cost*) adalah aspek yang bersifat kuantitatif, dimana alternatif rekayasa nilai tetap bertujuan untuk emngurangi nominal pengeluaran yang diperlukan untuk item pekerjaan yang disoroti.

Analitycal Hierarchy Process (AHP)

Analitycal Hierarchy Process (AHP) adalah metode pengambilan keputusan yang dikemukakan oleh Thomas L. Saaty (1970). Pada metode ini, sebuah masalah dengan lebih dari satu elemen atau kriteria diuraikan menjadi suatu hirarki. Hirarki metode AHP menurut Saaty (1993) terdiri dari tujuan yang ingin diraih, kriteria penentuan alternatif, dan alternatif itu sendiri.

Metode AHP menggunakan indeks kepentingan kuantitatif untuk menentukan bobot prioritas kriteria dan alternatif. Pedoman untuk penentuan indeks kepentingan pada metode AHP adalah tabel perbandingan berpasangan yang dikemukakan oleh Saaty (1970), seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel perbandingan berpasangan

Indeks Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	<i>Equal Importance</i>	Kedua elemen memiliki tingkat kepentingan yang sama
3	<i>Weak Importance</i>	Salah satu elemen sedikit lebih unggul dari elemen lainnya
5	<i>Strong Importance</i>	Salah satu elemen cukup lebih unggul dari elemen lainnya

Tabel 1 (Lanjutan). Tabel perbandingan berpasangan

Indeks Kepentingan	Definisi	Penjelasan
7	<i>Demonstrated Importance</i>	Salah satu elemen jauh lebih unggul dari elemen lainnya
9	<i>Extreme Importance</i>	Salah satu elemen mutlak lebih unggul dari elemen lainnya
2, 4, 6, 8	<i>Intermediate Values</i>	Nilai kompromi antara dua nilai kepentingan yang bersebelahan

2. METODE PENELITIAN

Data penelitian

Terdapat 2 tipe data yang dikumpulkan pada penelitian ini, yakni:

1. Data yang diperoleh secara langsung, yakni Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek yang akan digunakan dalam perhitungan, data alternatif material konstruksi, dan data pembobotan alternatif via wawancara dengan pihak-pihak yang berkontribusi dalam penyelesaian proyek ini.
2. Data yang diperoleh melalui informasi publik, diantaranya brosur spesifikasi dan harga material, standar dan regulasi yang digunakan dalam perhitungan biaya proyek, dan data dari pencarian secara daring.

Tahapan rekayasa nilai

Rencana kerja rekayasa nilai merupakan langkah-langkah terorganisir untuk menentukan biaya tidak perlu (*unnecessary cost*) dan menyusun alternatif-alternatif untuk mengeliminasi biaya tersebut, dengan tetap memperhatikan fungsi dan kualitas yang diharapkan. Urutan rencana kerja dalam penelitian ini mengikuti 4 langkah yang ditetapkan oleh Dell'Isola (1975):

1. Tahap informasi, yaitu tahap dimana perencana mengumpulkan dan memahami semua informasi yang relevan terhadap proyek yang akan dianalisis dari segi fungsi dan biaya.
2. Tahap kreatif, yaitu tahap dimana perencana menghasilkan sebanyak mungkin alternatif solusi untuk memenuhi fungsi yang telah diidentifikasi, dengan pendekatan kreatif dan inovatif.
3. Tahap analisis, yaitu tahap dimana perencana menganalisis dan mengevaluasi ide-ide yang dihasilkan pada tahap kreatif berdasarkan kelayakan teknis, biaya, manfaat, dan risiko.
4. Tahap rekomendasi, yaitu tahap dimana perencana mengembangkan ide-ide terpilih menjadi solusi yang konkret, dan menyusun dokumentasi serta mendapatkan persetujuan pihak terkait.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap informasi

Langkah pertama yang dilakukan dalam tahap informasi adalah dengan merangkum kontribusi setiap jenis pekerjaan terhadap biaya keseluruhan proyek, kemudian diurutkan berdasarkan persentase mulai dari biaya tertinggi hingga terendah. Data ini kemudian disusun menjadi sebuah *Cost Model* yang komprehensif. *Cost Model* pada Tabel 2 dibuat berdasarkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek riil rumah tinggal 2 lantai di Muara Karang.

Tabel 2. *Cost model* proyek

No.	Jenis Pekerjaan	Bobot	% Bobot
1	Pekerjaan Struktur Beton	Rp 455.127.050,00	24,6673
2	Pekerjaan Tanah dan Fondasi	Rp 303.498.750,00	16,4492
3	Pekerjaan Dinding	Rp 246.102.550,00	13,3384
4	Pekerjaan Penutup Lantai	Rp 156.389.150,00	12,8873
5	Pekerjaan Lain-lain	Rp 106.926.500,00	5,7953
6	Pekerjaan Persiapan	Rp 99.500.000,00	5,3928
7	Pekerjaan Plafond	Rp 71.401.375,00	3,8699
8	Pekerjaan Pengecatan	Rp 70.564.100,00	3,8245
9	Pekerjaan Tangga Besi dan Railing Beton	Rp 67.500.000,00	3,6584
10	Pekerjaan Kusen dan Jendela	Rp 64.665.075,00	3,5048

Tabel 2 (Lanjutan). *Cost model* proyek

No.	Jenis Pekerjaan	Bobot	% Bobot
11	Pekerjaan Elektrikal	Rp 53.425.000,00	2,8956
12	Pekerjaan Sanitary	Rp 39.325.000,00	2,1314
13	Pekerjaan Mekanikal	Rp 29.250.000,00	1,5853
Total		Rp 2.009.848.050,00	100%

Persentase pekerjaan pada *Cost Model* digunakan untuk menyusun Diagram Pareto. Diagram Pareto adalah sebuah teknik yang digunakan untuk menunjukkan kontribusi setiap faktor terhadap fenomena tertentu secara keseluruhan. Grafik batang pada Diagram Pareto menunjukkan frekuensi dari faktor penyebab, sedangkan grafik garis menunjukkan dampak dari setiap faktor secara kumulatif.

Menurut Juran (1999), Hukum Distribusi Pareto menyatakan bahwa 80% dari akibat suatu fenomena tertentu umumnya dipengaruhi oleh 20% dari faktor penyebabnya. Dalam kasus sebuah proyek konstruksi, Diagram Pareto membantu mengidentifikasi 20% dari kategori pekerjaan yang berkontribusi sebanyak 80% terhadap penyelesaian proyek, maka dapat ditentukan jenis pekerjaan yang bisa mendapatkan penghematan maksimal melalui metode rekayasa nilai.

Dengan menyusun Diagram Pareto seperti pada Gambar 1, diperoleh bahwa pekerjaan yang layak untuk direkayasa nilai adalah:

1. Pekerjaan Struktur Beton (24,6673%)
2. Pekerjaan Tanah dan Fondasi (16,4492%)
3. Pekerjaan Dinding (13,3384%)
4. Pekerjaan Penutup Lantai (12,8873%)
5. Pekerjaan Lain-lain (5,7953%)
6. Pekerjaan Persiapan (5,3928%)



Gambar 1. Diagram pareto proyek

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis fungsi. Analisis fungsi adalah tahap dimana fungsi-fungsi dari suatu pekerjaan diidentifikasi lalu dikategorikan menjadi fungsi primer dan sekunder, sehingga dapat membantu penentuan material alternatif yang dapat memenuhi persyaratan tersebut. Analisis fungsi untuk pekerjaan dinding telah dirincikan di Tabel 3.

Tabel 3. Analisis fungsi pekerjaan dinding

Jenis Pekerjaan	Fungsi		
	Kata Kerja	Kata Benda	Kategori
Pekerjaan Dinding	Menyokong	Atap	Primer
	Membatasi	Ruang	Primer
	Menutupi	Interior	Primer
	Mengatur	Cahaya	Sekunder
	Menahan	Api	Sekunder
	Memperindah	Ruang	Sekunder

Tahap kreatif

Pada proyek rumah tinggal ini, desain awal yang disiapkan oleh kontraktor adalah menggunakan dinding bata merah. Melalui pengumpulan informasi yang dilakukan pada tahap kreatif, kedua alternatif yang dapat diusulkan adalah mengganti material dinding dengan batako hitam press atau bata ringan. Perhitungan biaya per m² untuk pemasangan kedua material dinding berpedoman pada Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) menurut Peraturan Menteri PUPR Nomor 28/PRT/M/2016 Tahun 2016.

Tabel 4. Perhitungan pekerjaan dinding desain awal

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total
Lantai Dasar					
1	Pemasangan bata merah	m ²	253.83	Rp 175.000,00	Rp 44.420.250,00
2	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	369.66	Rp 120.000,00	Rp 44.359.200,00
3	Plesteran dan acian 1 sisi	m ²	69.00	Rp 120.000,00	Rp 8.280.000,00
Lantai Atas					
4	Pemasangan bata merah	m ²	245.00	Rp 175.000,00	Rp 42.875.000,00
5	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	390.32	Rp 120.000,00	Rp 46.838.400,00
6	Plesteran dan acian 1 sisi	m ²	99.68	Rp 120.000,00	Rp 11.961.600,00
Lantai Atap					
7	Pemasangan bata merah	m ²	114.14	Rp 175.000,00	Rp 19.974.500,00
8	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	228.28	Rp 120.000,00	Rp 27.393.600,00
Total				Rp 246.102.550,00	

Tabel 5. Perhitungan pekerjaan dinding alternatif 1

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total
Lantai Dasar					
1	Pemasangan batako hitam press	m ²	253.83	Rp 121.894,02	Rp 27.320.743,20
2	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	369.66	Rp 120.000,00	Rp 44.359.200,00
3	Plesteran dan acian 1 sisi	m ²	69.00	Rp 120.000,00	Rp 8.280.000,00
Lantai Atas					
4	Pemasangan batako hitam press	m ²	245.00	Rp 121.894,02	Rp 26.370.334,90
5	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	390.32	Rp 120.000,00	Rp 46.838.400,00
6	Plesteran dan acian 1 sisi	m ²	99.68	Rp 120.000,00	Rp 11.961.600,00
Lantai Atap					
7	Pemasangan batako hitam press	m ²	114.14	Rp 121.894,02	Rp 12.285.347,04
8	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	228.28	Rp 120.000,00	Rp 27.393.600,00
Total				Rp 213.550.177,44	

Tabel 6. Perhitungan pekerjaan dinding alternatif 2

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Total
Lantai Dasar					
1	Pemasangan bata ringan	m ²	253.83	Rp 147.987,75	Rp 33.914.924,33
2	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	369. Tabel 6. Perhitungan pekerjaan dinding alternatif 266	Rp 120.000,00	Rp 44.359.200,00
3	Plesteran dan acian 1 sisi	m ²	69.00	Rp 120.000,00	Rp 8.280.000,00
Lantai Atas					
4	Pemasangan bata ringan	m ²	245.00	Rp 147.987,75	Rp 32.735.123,75
5	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	390.32	Rp 120.000,00	Rp 46.838.400,00
6	Plesteran dan acian 1 sisi	m ²	99.68	Rp 120.000,00	Rp 11.961.600,00
Lantai Atap					
7	Pemasangan bata ringan	m ²	114.14	Rp 147.987,75	Rp 15.250.559,29
8	Plesteran dan acian 2 sisi	m ²	228.28	Rp 120.000,00	Rp 27.393.600,00
Total				Rp 229.644.851,12	

Tahap analisis *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Proses pembobotan dilakukan terhadap 4 kriteria, yaitu biaya konstruksi, berat material, *fire resistance*, dan ketahanan material. Kriteria tersebut terpilih berdasarkan pertimbangan-pertimbangan berikut:

- Kriteria biaya konstruksi: pemilihan material yang tetap ekonomis merupakan salah satu tujuan utama dalam rekayasa nilai. Selain itu, terdapat kemungkinan bahwa perbedaan harga material yang besar dapat berdampak signifikan pada total biaya pembangunan.
- Kriteria berat material: berat material memengaruhi beban struktur bangunan secara keseluruhan. Material yang lebih ringan dapat mengurangi kebutuhan dimensi elemen struktural, sehingga menekan biaya konstruksi. Selain itu, material ringan juga mempermudah proses transportasi dan pemasangan di lapangan.
- Kriteria *fire resistance*: ketahanan api material perlu dipertimbangkan untuk keselamatan penghuni dan melindungi bangunan dari risiko kebakaran. Material penutup dinding yang tahan api dapat memperlambat penyebaran api, memberikan waktu evakuasi lebih lama, dan meminimalisir kerusakan.
- Kriteria ketahanan material: penutup dinding perlu dipastikan dapat bertahan lama selama bangunan tersebut beroperasi, serta mengurangi biaya yang diperlukan untuk pemeliharaan jangka panjang. Ketahanan material yang baik juga menjaga kualitas tampilan bangunan selama pemakaiannya.

Tabel 7 merupakan matriks perbandingan bersamaan untuk pembobotan keempat kriteria tersebut, yang dirata-ratakan dari hasil survey wawancara terhadap 4 responden. Seluruh responden merupakan personil yang telah berkontribusi terhadap pembangunan proyek rumah tinggal 2 lantai di Muara Karang, masing-masing dengan pengalaman dalam bidang konstruksi. Pendataan dan pembobotan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

Tabel 7. Matriks perbandingan bersamaan kriteria

Kriteria	Biaya Konstruksi	Berat Material	<i>Fire Resistance</i>	Ketahanan Material
Biaya Konstruksi	1	3,5	3,5	4
Berat Material	0,4333	1	2,5	2,25
<i>Fire Resistance</i>	0,4333	0,6333	1	1
Ketahanan Material	0,2667	0,6458	1	1
Total	2,133	5,7792	8	8,25

Selanjutnya dilakukan normalisasi kriteria, diawali dengan pembagian setiap indeks terhadap total per baris. Sebagai contoh, nilai 0,4688 didapat dari membagi 1 (indeks biaya-biaya) terhadap 2,1333 (nilai total pada kolom pertama).

- Nilai *row total* didapat dari menjumlahkan seluruh nilai pada baris yang sama.
Contoh: $0,4688 + 0,6056 + 0,4375 + 0,4848 = 1,9967$
- Nilai bobot didapat dari membagi setiap nilai Row Total terhadap jumlahnya.
Contoh: $1,9967 \div 4 = 0,4992$.

Hasil akhir normalisasi kriteria penutup dinding telah dirincikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Normalisasi kriteria

Kriteria	Biaya Konstruksi	Berat Material	Fire Resistance	Ketahanan Material	Row Total	Bobot
Biaya Konstruksi	0.4688	0.6056	0.4375	0.4848	1.9967	0.4992
Berat Material	0.2031	0.1730	0.3125	0.2727	0.9614	0.2403
Fire Resistance	0.2031	0.1096	0.1250	0.1212	0.5589	0.1397
Ketahanan Material	0.1250	0.1118	0.1250	0.1212	0.4830	0.1207
Total	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	1.0000

Kemudian, dilakukan pembobotan terhadap setiap alternatif pekerjaan dinding berdasarkan 4 kriteria yang terpilih. Alternatif pertama merupakan desain awal berupa dinding bata merah, alternatif kedua adalah dinding batako hitam press, dan alternatif terakhir adalah dinding bata ringan. Tabel 9 menunjukkan jumlah dari penilaian alternatif seluruh responden pada setiap kriteria.

Tabel 9. Pembobotan alternatif

Kriteria	Biaya Konstruksi	Berat Material	Fire Resistance	Ketahanan Material
Bata Merah	4	4	4	14
Batako Hitam Press	22	12	6	4
Bata Ringan	14	20	6	16

Pembobotan kumulatif menggunakan metode *weighted sum*, dimana dilakukan perkalian antara skor yang didapat untuk alternatif dengan skor bobot kriteria, dilanjutkan dengan menjumlahkan hasil perkalian untuk setiap kriteria yang ditinjau. Berikut adalah hasil *weighted sum* untuk setiap desain:

- a. Bata merah: $(0,4688 \times 4) + (0,2031 \times 4) + (0,2031 \times 4) + (0,1250 \times 14) = 5,2074$
- b. Batako hitam press: $(0,4688 \times 22) + (0,2031 \times 12) + (0,2031 \times 6) + (0,1250 \times 4) = 15,1875$
- c. Bata ringan: $(0,4688 \times 14) + (0,2031 \times 20) + (0,2031 \times 6) + (0,1250 \times 16) = 14,5657$

Tahap analisis Life Cycle Costing (LCC)

Analisis menggunakan metode *Life Cycle Costing* (LCC) merupakan pendekatan yang digunakan untuk menganalisis dan menghitung biaya terkait suatu sistem atau proyek sepanjang siklus hidupnya. Metode LCC dapat digunakan untuk membantu dalam pemilihan alternatif desain atau teknologi dengan mengidentifikasi biaya yang akan dikeluarkan sepanjang umur sistem, dan bukan hanya biaya awal atau perolehan. Komponen-komponen yang perlu diperhitungkan dalam menganalisis LCC suatu produk meliputi:

- a. Biaya Awal (*Initial Cost*)
- b. Biaya Operasional (*Operational Cost*)
- c. Biaya Perbaikan (*Maintenance Cost*)
- d. Biaya Penggantian (*Replacement Cost*)

Perhitungan LCC untuk pekerjaan dinding ini menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), dengan asumsi bahwa durasi siklus hidup bangunan adalah 20 tahun, sesuai dengan masa berlakunya Sertifikat Laik Fungsi (SLF) untuk bangunan berjenis rumah tinggal. Suku bunga deposito untuk perhitungan NPV juga diasumsikan sebesar 5%. Tabel 10 dan 11 menunjukkan hasil perhitungan LCC untuk alternatif batako hitam press dan bata ringan menggunakan

metode LCC. Biaya operasional diabaikan dalam perhitungan ini sebab pekerjaan dinding tidak membutuhkan pengeluaran operasional sehari-hari, sedangkan biaya penggantian diabaikan sebab umur ekonomis bangunan rumah tinggal kelas menengah dapat mencapai 30 tahun, melebihi durasi siklus hidup yang sebelumnya ditetapkan (MAPPI, 2020). Perbaikan yang dilakukan adalah berupa pengikisan cat lama dan pengecatan ulang, yang dilakukan pada interval 5 tahun.

Tabel 10. Perhitungan NPV alternatif batako hitam press

No.	Jenis Biaya	Biaya Awal	Tahun	i	Biaya NPV
1	<i>Initial</i>	Rp 213,550,177.44	0	0.05	Rp 213,550,177.44
2	<i>Operational</i>	-	-	-	-
3	<i>Maintenance</i>	Rp 86,711,655.66	5	0.05	Rp 67,940,851.15
		Rp 86,711,655.66	10	0.05	Rp 53,233,434.65
		Rp 86,711,655.66	15	0.05	Rp 41,709,788.98
		Rp 86,711,655.66	20	0.05	Rp 32,680,711.06
4	<i>Replacement</i>	-	-	-	-
TOTAL					Rp 409,114,963.27

Tabel 11. Perhitungan NPV alternatif bata ringan

No.	Jenis Biaya	Biaya Awal	Tahun	I	Biaya NPV
1	<i>Initial</i>	Rp 229,644,851.12	0	0.05	Rp 220,733,407.37
2	<i>Operational</i>	-	-	-	-
3	<i>Maintenance</i>	Rp 86,711,655.66	5	0.05	Rp 67,940,851.15
		Rp 86,711,655.66	10	0.05	Rp 53,233,434.65
		Rp 86,711,655.66	15	0.05	Rp 41,709,788.98
		Rp 86,711,655.66	20	0.05	Rp 32,680,711.06
4	<i>Replacement</i>	-	-	-	-
TOTAL					Rp 416,298,193.20

Perhitungan LCC menggunakan metode NPV menghasilkan perbedaan yang minim antara biaya siklus hidup kedua alternatif, sebesar 1,7558%.

4. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang diperoleh dari analisis yang telah dilakukan:

1. Pembobotan kriteria menggunakan metode AHP menunjukkan bahwa faktor yang diprioritaskan pada pemilihan alternatif material dinding adalah biaya konstruksi dengan bobot 0,4992, diikuti berat material dengan bobot 0,2403, *fire resistance* dengan bobot 0,1397, dan ketahanan material dengan bobot 0,1207.
2. Urutan alternatif yang terpilih untuk pekerjaan dinding adalah alternatif 1, yaitu batako hitam press dengan bobot *weighted sum* 15,1875, sedangkan alternatif 2 bata ringan dan desain awal bata merah berturut-turut mendapatkan hasil bobot 14,5657 dan 5,2074.
3. Penghematan yang diperoleh menggunakan alternatif terpilih batako hitam press adalah sebesar Rp 32.552.372,56, yaitu sebesar 13,2272% dari desain awal menggunakan bata merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achirwan, Latief, Y. & Abidin, I. S. (2013). Pola Hubungan Antara Kinerja Biaya Proyek dan Dampak Penyimpangan Biaya Proyek Dengan Pendekatan Indikator *Cost Overrun* pada Pengelolaan Sub Kontraktor. *Jurnal Konstruksia*, 4(2). <https://doi.org/10.24853/jk.4.2>
- Ariva, F. B. (2020). *Penerapan Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Rumah Swadaya (Studi Kasus: Program BSPS Di Desa Siasem Brebes)*. Diss. Universitas Pancasakti Tegal.
- Barrie, D. S., & Paulson, B. C. (1992). *Professional Construction Management*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.
- Dell'isola, A. J. (1975). *Value Engineering in The Construction Industry*. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Chandra, R., Sutandi, A. & Anondho, B. (2023). *Analisis Value Engineering Pada Proyek Perumahan X di Tangerang Selatan*. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(2), 249-260. <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i2.22080>

- Kencana, J. A. & Waty, M. (2021). *Penerapan Metode Value Engineering Dalam Pemilihan Jenis Beton Pada Proyek Konstruksi Perumahan*. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 4(1), 261-270. <https://doi.org/10.24912/jmts.v0i0.10408>
- Kristiana, R. (2016). Analisa Produktifitas Dinding Bata Ringan Dan Dinding *Precast* Pada Bangunan Gedung Tinggi Hunian. *Rekayasa Sipil Mercu Buana*, 5(2), 81–92.
- Miles, L. D. (1971). *Techniques of Value Analysis and Engineering*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.
- Pandit, A. (2023). *The Impact of Value Engineering on Pre-Construction Cost Control: Striking the Balance Between Quality and Budget*. *Internasional Scientific Journal of Engineering and Management*, 2(11), 1-8. <https://doi.org/10.55041/isjem01299>
- Prastowo, E. B. (2012). *Analisis Penerapan Value Engineering (VE) Pada Proyek Konstruksi Menurut Persepsi Kontraktor dan Konsultan*. Skripsi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Saaty, T. L. (1970). *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)
- Saaty, T. L. (1993). *Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. University of Pittsburgh, Pittsburgh.
- Wardani & Puspo, L. A. (2021). *Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Dalam Penggunaan Material Precast dan Bata Ringan Pada Pekerjaan Dinding Luar*. Skripsi Universitas Atma Jaya.
- Zimmerman, L.W., & Hart, G.D. (1982). *Value Engineering: A Practical Approach for Owners, Designers and Contractors*. Van Nostrand and Reinhold Co., New York.

