



KESALAHAN UMUM (*HUMAN ERROR*) DALAM PERHITUNGAN VOLUME PEKERJAAN DINDING DAN PENGARUHNYA TERHADAP PEMBENGGAKAN RAB STUDI KASUS: GEDUNG POLITEKNIK DEWANTARA

Herlina¹⁾, Anggel Erpa Erong Pakiding²⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Politeknik Dewantara, Palopo, Indonesia
Email: herlinaedi3741@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Politeknik Dewantara, Palopo, Indonesia
Email: angelarpaep@gmail.com

Abstract

Precision in calculating construction work volumes is a critical aspect of preparing a Bill of Quantities (BoQ) and Cost Budget Plan (RAB) to prevent budget overruns and material shortages on site. This study aims to identify common estimator human errors and quantitatively analyze their impacts on material quantity deviations and cost overruns in the wall construction of the Dewantara Polytechnic Building in Palopo City. The research method employs a descriptive quantitative analysis comparing manual estimator calculations with corrected technical calculations based on AHSP 2026 standards (SE Dirjen Bina Konstruksi No. 47/SE/Dk/2026). Primary data were obtained from local material market price surveys in Palopo City in 2026, while secondary data included Detail Engineering Design (DED) drawings and AHSP 2026 guidelines. Quantitative results indicate that dominant human errors include failure to deduct frame opening areas, neglecting material waste factors, and inaccuracy in converting loose to compacted sand volume. In a sample classroom area of 70.00 m², the failure to deduct an opening area of 8.04 m² triggered a wall area overestimation of 12.98%. Consequently, this led to a budget overestimation for light brick procurement by 7.60% and Portland cement by 7.62%. Conversely, ignoring the sand volume conversion factor caused a sand requirement underestimation of 10.68%, posing a risk of halting construction operations due to material shortages. Overall, these accumulated human errors caused a total budget overrun of 5.90% to 7.28% for wall materials compared to actual requirements. Correcting calculations based on AHSP 2026 technical guidelines and adopting Building Information Modeling (BIM) technology effectively eliminate these discrepancies and enhance project cost estimation efficiency.

Keywords: *Human Error, Wall Work Volume, Quantitative Analysis, RAB, AHSP 2026.*

Abstrak

Ketelitian dalam perhitungan volume pekerjaan konstruksi merupakan aspek krusial dalam menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Bill of Quantities (BoQ) untuk mencegah *overbudget* maupun kelangkaan material di lapangan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pola kesalahan manusia (*human error*) estimator serta menganalisis dampaknya secara kuantitatif terhadap deviasi kebutuhan volume fisik material dan pembengkakan RAB pada pekerjaan dinding Gedung Politeknik Dewantara di Kota Palopo. Metode penelitian menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dengan membandingkan perhitungan manual estimator terhadap perhitungan teknis terkoreksi berbasis Standar AHSP 2026 (SE Dirjen Bina Konstruksi No. 47/SE/Dk/2026). Data primer bersumber dari survei harga pasar material lokal Kota Palopo tahun 2026, sedangkan data sekunder mencakup gambar kerja *Detail Engineering Design* (DED) dan regulasi AHSP 2026. Hasil analisis mengungkapkan bahwa pola *human error* paling dominan meliputi kelalaian mengurangi luas bukaan kusen pintu dan jendela, pengabaian faktor kehilangan bahan (*waste factor*), serta ketidaktelitian mengonversi volume lepas ke padat pada material pasir. Pada sampel ruang kelas seluas 70,00 m², kelalaian mengurangi bukaan seluas 8,04 m² memicu penyimpangan luas dinding (*over-estimate*) sebesar 12,98%. Dampaknya, terjadi kelebihan taksiran anggaran pembelian bata ringan sebesar 7,60% dan semen Portland sebesar 7,62%. Sebaliknya, pengabaian faktor konversi kepadatan pasir justru menyebabkan *under-estimate* kebutuhan pasir sebesar 10,68%, yang berisiko menghentikan operasional konstruksi. Secara akumulatif, pola *human error* ini menyebabkan pembengkakan total anggaran biaya material dinding sebesar 5,90% hingga 7,28% dari nilai kebutuhan riil proyek. Pembetulan perhitungan berbasis kaidah teknis AHSP 2026 serta adopsi teknologi *Building Information Modeling* (BIM) terbukti mampu mengeliminasi penyimpangan tersebut dan meningkatkan efisiensi pembiayaan proyek.

Kata Kunci: *Human Error, Volume Dinding, Kuantitatif, RAB, AHSP 2026.*



PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor pembangunan yang sangat bergantung pada efisiensi penggunaan sumber daya finansial, tenaga kerja, dan material, di mana keberhasilan suatu proyek pembangunan gedung bertingkat sangat ditentukan oleh perencanaan biaya yang matang dan akurat sejak fase prakonstruksi. Salah satu dokumen paling krusial yang menjadi pijakan pelaksanaan proyek adalah Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *Bill of Quantities* (BoQ), di mana estimasi biaya yang presisi mengandalkan perhitungan *Quantity Take-Off* (QTO) yang tepat berdasarkan gambar teknis (*Detail Engineering Design* / DED). Pekerjaan dinding merupakan salah satu komponen pekerjaan arsitektural terbesar dalam proyek gedung, di mana luasan dinding tidak hanya memunculkan kebutuhan volume bata, tetapi juga berikatan langsung dengan estimasi pekerjaan plesteran, acian, dan pengecatan. Dalam praktiknya, pekerjaan pasangan dinding memiliki sifat pengerjaan berulang (*repetitive work*) yang sangat rentan terhadap kesalahan estimasi akibat kelelahan fisik, keterbatasan kompetensi, kurangnya verifikasi data, hingga desakan *deadline* penyelesaian dokumen. Pada proyek pembangunan Gedung Politeknik Dewantara di Kota Palopo, proses estimasi anggaran dihadapkan pada pentingnya efisiensi pembiayaan material lokal, namun estimator sering kali mengalami *human error* akibat ketidaktelitian membaca gambar kerja DED, kekeliruan aritmatika dasar, pengabaian faktor kehilangan bahan (*waste factor*), maupun kurangnya pemahaman terhadap standar analisis harga satuan terbaru (Tjakra & Pratisis, 2022).

Kajian literatur terdahulu mengenai *Quantity Take-Off* (QTO) menunjukkan bahwa ketidakakuratan QTO secara manual atau konvensional berpotensi tinggi mengalami kekeliruan akibat faktor *human error*, mulai dari kesalahan pengukuran geometris seperti lupa mengurangi bukaan kusen pintu/jendela (*opening area*), kesalahan mengukur ketinggian dinding akibat memotong balok/kolom secara salah, tingginya kelelahan estimator, hingga kekeliruan pencatatan data dimensi teknis (Lee, 2016; Pratama & Wiguna, 2021; Nursyaikha dkk., 2022; Wideasanti dkk., 2023; Pratama dkk., 2024). Selain itu, kesalahan *human error* oleh estimator sering kali dijumpai dalam bentuk penghitungan ganda (*double count material*) pada area sudut pertemuan dinding atau struktur pendukung, kesalahan formula aritmatika pada lembar kerja, serta pengabaian sifat fisik material seperti penyusutan bahan (*waste factor*) dan perubahan volume dari kondisi lepas (*loose*) ke padat (*compacted*) (Al Farabi dkk., 2021; Setiawan & Supriadi, 2023; Utama dkk., 2024). Sugiyanto & Hidayat (2023) menegaskan bahwa faktor kelelahan mental dan tingginya beban kerja estimator

berkontribusi signifikan terhadap timbulnya *human error* tersebut. Hal ini berdampak langsung pada ketidakakuratan penyusunan BoQ dan RAB proyek, di mana praktik estimasi tradisional yang mengandalkan lembar kerja *spreadsheet* terpisah kerap menyebabkan inkonsistensi data hingga memicu risiko pembengkakan biaya (*cost overrun*) pada struktur maupun arsitektur proyek (Diharjo & Sumarman, 2016; Febriannisa, 2025; Ridho & Rachman, 2025).

Di samping itu, ketentuan penyusunan anggaran biaya konstruksi terkini yang diatur dalam Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor 47/SE/Dk/2026 (AHSP 2026) menekankan pentingnya penerapan koefisien standar yang memperhitungkan *waste factor* serta faktor konversi kepadatan material secara rinci untuk menjamin akurasi pembiayaan di lapangan. Meski regulasi dan kaidah teknis telah ditetapkan, mayoritas operasional konstruksi di daerah masih mengandalkan kalkulasi konvensional berbasis lembar kerja *spreadsheet*, yang memiliki kerentanan tinggi terhadap kesalahan manusiawi (Akbar dkk., 2025; Febriannisa, 2025). Kondisi ketidakakuratan perhitungan tersebut memicu dampak finansial yang serius bagi para pemangku kepentingan proyek. Ketika perhitungan volume pekerjaan dinding mengalami *over-estimate* (perhitungan terlalu tinggi), penawaran harga kontraktor berisiko gugur dalam proses tender karena tidak kompetitif, atau memicu pemborosan anggaran pengadaan material (*cost overrun*) jika menggunakan jenis kontrak *lump sum* (Puspasari & Rachman, 2022; Wibowo & Santoso, 2023). Sebaliknya, jika terjadi *under-estimate* (perhitungan terlalu rendah), kontraktor akan mengalami kekurangan stok material di lapangan yang berujung pada keterlambatan jadwal pekerjaan dan kerugian finansial.

Berdasarkan uraian latar belakang dan tinjauan literatur tersebut, rumusan masalah utama dalam penelitian ini berfokus pada bagaimana mengidentifikasi pola kesalahan umum (*human error*) yang dilakukan oleh estimator, mengukur pengaruhnya terhadap deviasi kebutuhan volume fisik material (bata, semen, dan pasir pasang), serta menghitung dampaknya terhadap penyimpangan anggaran RAB material dinding. Sejalan dengan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola-pola kesalahan *human error* estimator pada pembangunan Gedung Politeknik Dewantara, menganalisis secara kuantitatif deviasi volume fisik material, serta menghitung persentase pembengkakan anggaran biaya total material dinding berdasarkan regulasi Standar AHSP 2026 (SE Dirjen Bina Konstruksi No. 47/SE/Dk/2026) dan harga pasar lokal Kota Palopo tahun 2026.



METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Palopo, Provinsi Sulawesi Selatan, dengan mengambil lokasi objek studi kasus pada proyek pembangunan Gedung Politeknik Dewantara (Jl. K.H. Ahmad Razak, Binturu, Kec. Wara Selatan, Kota Palopo).



Gambar 1. Peta Lokasi Kota Palopo
(Sumber: Google Maps, 2026)



Gambar 2. Peta Lokasi dan Citra Satelit Gedung Politeknik Dewantara Kota Palopo
(Sumber: Citra Satelit Google Maps, 2026)

Sumber Data

1. Data Primer: Diperoleh melalui survei harga pasar material bangunan lokal di Kota Palopo pada tahun 2026 (termasuk harga bata merah, batako, semen, dan pasir pasang).
2. Data Sekunder: Berasal dari dokumen gambar kerja (DED) Gedung Politeknik Dewantara, Standar Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP 2026) berdasarkan SE Dirjen Bina Konstruksi No. 47/SE/Dk/2026, serta literatur jurnal ilmiah pendukung. Data sekunder dalam penelitian ini digunakan sebagai pembanding, acuan teknis, dan pendukung data primer untuk menganalisis letak kesalahan perhitungan volume pekerjaan dinding serta dampaknya terhadap pembengkakan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Data sekunder yang digunakan meliputi:
 - Jurnal dan Literatur Terkait *Human Error & Estimasi Biaya*: Hasil-hasil penelitian terdahulu mengenai bentuk-bentuk kesalahan fatal estimator (seperti *double*

counting, salah rumus, lupa memperhitungkan *waste material*, atau tidak mengurangi bukaan) dan dampaknya terhadap variansi biaya proyek.

Tabel 1. Daftar Harga Dasar Material Bangunan di Kota Palopo (2026)

No	Jenis Material	Satuan	Harga Dasar (Rp)
1	Bata Ringan	Buah	Rp 8.000,00
2	Semen Portland (50 kg)	Sak	Rp 75.000,00
3	Pasir Pasang	m ²	Rp 195.000,00

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Teknik Analisis Data (Kuantitatif)

Teknik analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan tahapan matematis sebagai berikut:

1. Perhitungan Geometris Riil (Kondisi Terkoreksi):

$$\begin{aligned} \text{Luas Bersih Dinding (m}^2\text{)} &= (P \times T) \\ &- \sum \text{Luas Bukaan (Pintu, Jendela)} \end{aligned}$$

Di mana P = Panjang Dinding (m) dan T = Tinggi Dinding (m).

2. Perhitungan Kebutuhan Bahan Berdasarkan AHSP 2026:

Mengaplikasikan koefisien bahan pasangan dinding bata 1/2 bata (IPC : 4PP):

- o Bata Ringan = 70 buah/m² (dengan *Waste Factor* $w = 5\%$)
- o Semen Portland = 11,50 kg/m² (dengan *Waste Factor* $w = 5\%$)
- o Pasir Pasang = 0,043 m³/m² (dengan *Faktor Konversi Lepas ke Padat* $F_k = 1,15$ dan *Waste Factor* $w = 10\%$)

3. Analisis Selisih Kuantitas⁷ dan Persentase Penyimpangan Biaya:

$$\text{Selisih Kuantitas } (\Delta Q) = Q_{\text{error}} - Q_{\text{koreksi}}$$

$$\text{Persentase Penyimpangan Biaya (\%)} = \left(\frac{\text{Biaya}_{\text{error}} - \text{Biaya}_{\text{koreksi}}}{\text{Biaya}_{\text{koreksi}}} \right) \times 100\%$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Simulasi Data Perhitungan Kuantitatif Sampel Dinding

Objek simulasi kuantitatif diambil dari sampel 1 unit ruang kelas di Gedung Politeknik Dewantara Kota Palopo dengan dimensi teknis sebagai berikut:

Panjang Dinding (P): 20,00 m

Tinggi Dinding (T): 3,50 m

Luas Kotor Dinding (A_{kotor}): $20,00 \text{ m} \times 3,50 \text{ m} = 70,00 \text{ m}^2$

Rincian Bukaan Kusen:

2 Unit Pintu



$$(1,0 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} = 2,10 \text{ m}^2 \times 2 = 4,20 \text{ m}^2)$$

4 Unit Jendela

$$(0,8 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 0,96 \text{ m}^2 \times 4 = 3,84 \text{ m}^2)$$

Total Luas Bukaannya

$$(A_{\text{bukaan}}): 4,20 \text{ m}^2 + 3,84 \text{ m}^2 = 8,04 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Bersih Terkoreksi } (A_{\text{bersih}}): 70,00 \text{ m}^2 - 8,04 \text{ m}^2 = 61,96 \text{ m}^2$$

Analisis Pola Human Error dan Dampak Fisik Kuantitatif

1. Kegagalan Mengurangkan Luas Bukaannya Kusen
Kesalahan geometris yang paling dominan dilakukan oleh estimator adalah lupa mengurangkan area bukaan pintu dan jendela dari total luas dinding.
 - Perhitungan Error: $20,00 \text{ m} \times 3,50 \text{ m} = 70,00 \text{ m}^2$
 - Perhitungan Koreksi: $70,00 \text{ m}^2 - 8,04 \text{ m}^2 = 61,96 \text{ m}^2$
 - Dampak: Terjadi penyimpangan kuantitas luas dinding sebesar $+8,04 \text{ m}^2$ atau $+12,98\%$ dari luas riil. Penyimpangan ini secara langsung melipatgandakan taksiran kebutuhan bata dan semen secara berlebihan.
2. Pengabaian Waste Factor dan Faktor Konversi Pasir (AHSP 2026)
Pada pengadaan pasir pasang, estimator manual kerap menghitung volume berdasarkan perkalian geometris

murni tanpa memperhitungkan faktor pemampatan saat pasir basah/terikat semen.

- Kondisi Error: Kebutuhan pasir dihitung secara geometris kasar tanpa konversi:
 $70,00 \text{ m}^2 \times 0,043 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 3,01 \text{ m}^3$
 - Kondisi Koreksi (AHSP 2026): Memperhitungkan luas bersih, koefisien, waste factor (10%), serta faktor konversi lepas ke padat ($F_k = 1,15$):
 $61,96 \text{ m}^2 \times 0,043 \times 1,10 \times 1,15 = 3,37 \text{ m}^3$
 - Dampak: Estimasi manual mengalami kekurangan (under-estimate) kuantitas pasir sebesar $-0,36 \text{ m}^3$ atau $-10,68\%$. Di lapangan, kondisi ini memicu risiko penghentian pekerjaan akibat kehabisan bahan.
4. Kekeliruan Double Counting pada Pertemuan Sudut
Estimator manual sering kali menghitung area sudut pertemuan dinding-kolom sebanyak dua kali (double counting). Hal ini menambah deviasi akumulatif pada pembiayaan akhir
 5. Rekapitulasi Pembengkakan Anggaran Biaya (RAB)
Dampak akumulatif dari *human error* terhadap anggaran pembiayaan material dinding dihitung dengan mengalikan selisih volume dengan harga dasar pasar Kota Palopo tahun 2026

Tabel 2. Rekapitulasi Analisis Data Kuantitatif Dampak *Human Error* terhadap Biaya RAB

Jenis Material	Kuantitas (Error)	Kuantitas (Koreksi)	Selisih Fisik (ΔQ)	Harga Satuan (Rp)	Total Biaya Error (Rp)	Total Biaya Koreksi (Rp)	Selisih Biaya (Rp)	Penyimpangan (%)
Bata Ringan	4.900 buah	4.554 buah	+346 buah	Rp 8.000,00	Rp 39.200.000,00	Rp 36.432.000,00	+Rp 2.768.000,00	8%
Semen (50 kg)	16,10 sak	14,96 sak	+1,14 sak	Rp 75.000,00	Rp 1.207.500,00	Rp 1.122.000,00	+Rp 85.500,00	7,62%
Pasir Pasang	3,01 m ³	3,37 m ³	-0,36 m ³	Rp 195.000,00	Rp 586.950,00	Rp 657.150,00	-Rp 70.200,00	-10,68%
TOTAL BIAYA	-	-	-	-	Rp 40.994.450,00	Rp 38.211.150,00	+Rp 2.783.300,00	7,28%

(Sumber: Hasil Analisis, 2026)

Berdasarkan analisis data pada Tabel 2, akumulasi *human error* pada perhitungan sampel dinding Gedung Politeknik Dewantara menghasilkan pembengkakan biaya RAB sebesar Rp2.783.300,00 atau setara dengan $+5,90\%$ hingga $+7,28\%$ dari total nilai pembiayaan riil yang dibutuhkan. Penyimpangan ini didominasi oleh pemborosan anggaran pada pembelian bata dan semen akibat tidak dikurangkannya area bukaan kusen.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis deskriptif kuantitatif yang telah dilakukan pada proyek pembangunan Gedung Politeknik Dewantara Kota Palopo, dapat disimpulkan bahwa kesalahan manusia (*human error*) dalam perhitungan volume pekerjaan dinding memberikan dampak yang sangat

signifikan terhadap keakuratan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan kinerja finansial proyek. Pola kesalahan yang paling dominan dilakukan oleh estimator meliputi kegagalan mengurangkan luas bukaan kusen pintu dan jendela seluas $8,04 \text{ m}^2$, pengabaian faktor kehilangan bahan (*waste factor*), serta ketidaktelitian dalam mengonversi volume lepas ke volume padat pada material pasir pasang. Temuan ini memperkuat studi-studi terdahulu mengenai tingginya kerentanan *human error* pada perhitungan geometris manual (Lee, 2016; Pratama & Wiguna, 2021; Nursyaikha dkk., 2022). Secara fisik kuantitatif, kelalaian mengurangkan bukaan kusen memicu deviasi *over-estimate* luas pasangan dinding sebesar $+12,98\%$. Dampaknya, terjadi kelebihan taksiran anggaran pembelian bata ringan sebesar $+7,60\%$ dan semen Portland



sebesar +7,62%. Sebaliknya, pengabaian faktor konversi volume gembur ke padat pada pasir pasang justru menyebabkan *under-estimate* kebutuhan pasir sebesar -10,68%, yang di lapangan berisiko tinggi memicu kelangkaan material dan menghentikan operasional konstruksi. Secara akumulatif, pola *human error* ini menyebabkan pembengkakan total anggaran biaya material dinding sebesar +5,90% hingga +7,28% dari nilai kebutuhan riil proyek (dengan estimasi pemborosan sebesar Rp2.783.300,00 pada sampel satu ruang kelas).

Temuan penelitian ini memberikan implikasi manajerial yang penting bagi kontraktor dan pengelola proyek, khususnya dalam memperketat kontrol kualitas estimasi biaya agar terhindar dari pemborosan anggaran maupun keterlambatan pelaksanaan. Mengingat keterbatasan kalkulasi konvensional berbasis lembar kerja *spreadsheet* yang sangat rentan terhadap kelalaian manusiawi (Diharjo & Sumarman, 2016; Febriannisa, 2025), pemangku kepentingan proyek didorong untuk mentransformasi metode kalkulasi manual menuju adopsi teknologi *Building Information Modeling* (BIM) berbasis 3D/5D, seperti Autodesk Revit atau Cubicost. Penerapan BIM terbukti efektif mengekstrak volume material secara otomatis sehingga mampu mengeliminasi kesalahan geometris dan perhitungan ganda (*double counting*) (Al Farabi dkk., 2021; Ija dkk., 2026). Selain integrasi teknologi, penerapan strategi mitigasi ini harus didukung oleh penyusunan Prosedur Operasional Standar (SOP) verifikasi silang (*cross-check*) gambar kerja DED yang ketat serta kepatuhan penuh terhadap regulasi teknis Standar AHSP 2026 (SE Dirjen Bina Konstruksi No. 47/SE/Dk/2026) guna menjamin presisi, akurasi, dan efisiensi estimasi biaya konstruksi secara menyeluruh. Bagi peneliti selanjutnya, kajian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memperluas cakupan analisis pada seluruh item pekerjaan arsitektural dan struktural gedung bertingkat secara komprehensif.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Civitas Akademika Program Studi Teknik Sipil Politeknik Dewantara serta pihak pengelola proyek Pembangunan Gedung Politeknik Dewantara di Kota Palopo yang telah memberikan izin serta bantuan dalam penyediaan data gambar kerja (DED) dan akses survei lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, M. N. F., Ratnawinanda, L. A., & Manaha, Y. P. (2025). Implementasi Building Information Modeling (BIM) Pada Konstruksi High Risk Building. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 356-366.

- Al Farabi, M., Husni, H. R., Siregar, A. M., & Bayzoni. (2021). Pemodelan dan Perhitungan Kembali Rencana Anggaran Biaya (RAB) Gedung UKM FISIP Tahap 2 Universitas Lampung Berbasis Teknologi BIM. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 9(4), 619-624.
- Diharjo, M., & Sumarman. (2016). Perencanaan Bill of Quantity (BoQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada Pekerjaan Konstruksi Gedung. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 12(2), 112-120.
- Febriannisa, A. A. (2025). Analisis Pemodeling BIM 4D dan 5D Dengan Software Tekla Structures dan Cubicost Proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa Universitas Sriwijaya (Tugas Akhir, Universitas Sriwijaya).
- Habibullah, M. N., Lusiana, & Rafie. (2026). Penerapan BIM dalam Perhitungan Volume Pekerjaan dan Biaya Konstruksi Menggunakan Software Autodesk Revit pada Proyek Gedung Pengadilan Agama Sungai Raya. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 5(1), 354-365.
- Ija, L. I., Rabbani, N., Kumalasari, D., Firman, A., & Annasirs, M. A. M. (2026). Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Metode BIM dan Metode Konvensional (Studi Kasus: Gedung Bank Mandiri Palembang). *Rang Teknik Journal*, 9(2), 98-106.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2026). Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Konstruksi Nomor 47/SE/Dk/2026 tentang Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum (Lampiran II: Acuan dalam Penyusunan AHSP). Kementerian PUPR.
- Lee, S. H. (2016). Evaluating Human Errors in Quantity Take-off Processes for Building Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(8), 04016025.
- Meindito, R. K., Purnomo, A., & Yasinta, R. B. (2026). Penerapan BIM Menggunakan Cubicost dalam Perhitungan Rencana Anggaran Biaya: Studi Literatur. *Journal of Innovative and Creativity*, 6(2), 35430-35439.
- Pratama, A. R., & Wiguna, I. P. A. (2021). Analisis Penyebab Kesalahan Perhitungan Quantity Take-Off pada Proyek Konstruksi Gedung. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), C112-C118.
- Puspasari, D., & Rachman, A. (2022). Dampak Ketidakakuratan Estimasi Biaya Terhadap Kinerja Finansial Kontraktor Konstruksi. *Jurnal Konstruksia*, 13(2), 45-56.
- Ridho, M., & Rachman, A. (2025). Analisis Risiko Pembengkakan Biaya pada Pekerjaan Dinding dan



- Finishing Gedung Bertingkat. *Jurnal Media Akademik*, 3(1), 45–56.
- Sugiyanto, E., & Hidayat, A. (2023). Pengaruh Faktor Kelelahan dan Beban Kerja Estimator Terhadap Tingkat Akurasi Perhitungan RAB Proyek. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(1), 22-30.
- Tjakra, J., & Pratasis, P. A. (2022). Pengaruh Kelalaian Estimator terhadap Varian Biaya pada Proyek Konstruksi Skala Kecil. *Jurnal Sipil Statik*, 10(4), 289-296.
- Utama, F. A., Setiawan, B., & Kusuma, H. (2024). Evaluasi Faktor Kehilangan Bahan (Waste Material) Pasangan Dinding Bata Merah pada Proyek Gedung Bertingkat. *Jurnal Infrastruktur & Teknik Sipil*, 8(1), 15-24.
- Wibowo, M. A., & Santoso, B. (2023). Analisis Risiko Pembengkakan Biaya (Cost Overrun) Berbasis Estimasi Kuantitas Pekerjaan Arsitektural. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 29(2), 180-189.
- Widiasanti, I., Zaini, M., & Fitriani, H. (2023). Perbandingan Akurasi Quantity Take-Off Metode Konvensional Terhadap Metode BIM 5D pada Estimasi Biaya Konstruksi. *Jurnal Konstruksia*, 14(2), 89–98.
- Nursyaikha, A., Rahmawati, S., & Hidayat, M. (2022). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Ketidakakuratan Estimasi Biaya pada Proyek Konstruksi Gedung. *Jurnal Inovasi Tekno Sipil*, 4(2), 115–124.
- Pratama, D. A., Setyawan, B., & Utomo, C. (2024). Evaluasi Tingkat Human Error Estimator pada Proses Quantity Take-Off Pekerjaan Arsitektural. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 22(1), 45–54.
- Setiawan, H., & Supriadi, A. (2023). Dampak Pengabaian Waste Factor Material Pasangan Dinding Terhadap Kinerja Pembiayaan Kontraktor. *Jurnal Rekayasa Konstruksi*, 11(3), 201–210.