



Contents lists available at [JESA](https://jesa.aks.or.id/index.php/jesa/index)

Journal of Engineering and Science Application

journal homepage: <https://jesa.aks.or.id/index.php/jesa/index>



Analisis Perhitungan Volume dan Detail Penulangan Balok Beton Bertulang Menggunakan Tekla Structures pada Proyek Gedung 3 Lantai (Studi Kasus: Wijaya Guest House)

Muhammad Rifki^a, Era Agita Kabdiyono^b

^{a,b}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nusantara

Article Info

Keywords:

Building Information Modeling
Tekla Structures
Berat Tulangan
Balok Beton Bertulang
Metode Konvensional

ABSTRACT

Perhitungan volume dan berat tulangan balok beton bertulang secara manual rentan terhadap kesalahan akibat keterbatasan visualisasi dua dimensi, terutama pada bangunan dengan variasi tipe balok yang kompleks. Penelitian ini bertujuan membandingkan hasil perhitungan berat tulangan balok antara metode manual dan metode Building Information Modeling menggunakan Tekla Structures pada proyek Wijaya Guest House, bangunan tiga lantai dengan dak atap di Jakarta. Metode yang digunakan adalah kuantitatif komparatif, dengan data primer berupa hasil pemodelan tiga dimensi pada Tekla Structures dan data sekunder berupa gambar kerja serta Bar Bending Schedule dari kontraktor pelaksana. Perhitungan manual mengelompokkan balok ke dalam sembilan hingga sebelas tipe per lantai berdasarkan asumsi bentang bersih seragam, sedangkan Tekla Structures menghasilkan data quantity take off otomatis untuk dua puluh satu hingga tiga puluh dua cast unit individual per lantai sesuai geometri aktual di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan total berat tulangan balok hasil perhitungan manual mencapai 21.248,10 kilogram, sedangkan hasil pemodelan Tekla Structures menghasilkan 14.948,50 kilogram, dengan selisih rata-rata 29,65 persen lebih rendah pada data aktual dibandingkan perhitungan manual. Selisih terbesar terjadi pada Lantai 2 sebesar 37,35 persen dan terkecil pada Dak Atap sebesar 11,53 persen. Analisis lanjutan terhadap estimasi Rencana Anggaran Biaya menunjukkan bahwa penggunaan hasil perhitungan manual berpotensi menyebabkan kelebihan anggaran pengadaan besi tulangan hingga 42,14 persen dibandingkan kebutuhan aktual. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemodelan BIM berbasis Tekla Structures memberikan estimasi volume dan berat tulangan yang lebih presisi, efisien, dan andal sebagai dasar pengendalian biaya proyek dibandingkan metode konvensional.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Muhammad Rifki
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Dian Nusantara
Email: 521221051@mahasiswa.undira.ac.id

1. INTRODUCTION

Ketepatan perhitungan volume dan berat tulangan pada elemen balok beton bertulang merupakan aspek krusial dalam pengendalian biaya dan efisiensi material proyek konstruksi. Metode konvensional yang mengandalkan gambar kerja dua dimensi dan asumsi bentang seragam masih banyak digunakan oleh kontraktor karena kemudahan penerapannya, namun rentan menghasilkan estimasi yang bias, baik akibat penyederhanaan

Journal homepage: <https://jesa.aks.or.id>

variasi tipe elemen, kesalahan perhitungan ganda pada pertemuan struktur, maupun penambahan faktor keamanan yang tidak terukur (Mulyono et al., 2022).

Building Information Modeling (BIM) didefinisikan sebagai representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional suatu bangunan yang memungkinkan pertukaran informasi secara terintegrasi sepanjang siklus hidup proyek, mulai dari tahap desain, konstruksi, hingga operasional (Eastman et al., 2011). Di Indonesia, dorongan penerapan BIM semakin diperkuat melalui kebijakan pemerintah, termasuk modul pelatihan pemodelan 3D hingga 7D yang diterbitkan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018) serta ketentuan penyusunan perkiraan biaya konstruksi yang mengacu pada data kuantitas terkini (Peraturan Menteri PUPR Nomor 8 Tahun 2023). Meskipun demikian, kajian Pratama dan Marzuki (2023) menunjukkan bahwa adopsi BIM oleh pelaksana konstruksi di Indonesia masih tergolong lambat dan belum merata, sehingga studi komparatif yang menunjukkan manfaat kuantitatif BIM dibandingkan metode konvensional tetap relevan untuk mendorong adopsinya.

Beberapa penelitian terdahulu telah membandingkan hasil BIM dengan metode konvensional pada berbagai elemen struktur. Fitriono et al. (2023) melaporkan bahwa penerapan BIM pada proyek gedung tiga lantai mampu menghemat waktu perencanaan hingga 50 persen dan biaya hingga 52,25 persen dibandingkan metode konvensional. Maulina et al. (2023) serta Diputra et al. (2023) menunjukkan bahwa hasil quantity take off Tekla Structures secara konsisten lebih mendekati kondisi aktual di lapangan dibandingkan perhitungan manual pada pekerjaan beton dan Bill of Quantity kontrak. Sementara itu, Putri Artanti et al. (2022) secara khusus membandingkan Bill of Quantity tulangan pada bangunan apartemen dan menemukan selisih signifikan antara kedua metode. Studi yang lebih spesifik pada perhitungan tulangan dilakukan oleh Rahmiyumna (2021) yang membandingkan volume beton dan baja tulangan pada gedung perkuliahan menggunakan Tekla Structures, Meinawati (2022) yang mengevaluasi penerapan Tekla Structures terhadap penyusunan Bar Bending Schedule pada proyek dormitory, serta Salsabila dan Apdeni (2025) yang menerapkan BIM dalam perhitungan volume besi tulangan dan Bar Bending Schedule pada proyek rumah sakit. Ketiga penelitian tersebut secara konsisten melaporkan bahwa data tulangan hasil BIM lebih rinci dan lebih dekat dengan kondisi aktual dibandingkan hasil perhitungan manual.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu membandingkan volume pada tingkat keseluruhan proyek atau per jenis elemen struktur secara agregat, belum banyak yang mengurai selisih tersebut secara rinci per lantai dan per tipe balok, serta mengaitkannya secara langsung dengan implikasi terhadap Rencana Anggaran Biaya (RAB) pengadaan material. Kesenjangan (gap) inilah yang menjadi fokus dan kebaruan (novelty) penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) membandingkan berat tulangan balok hasil perhitungan manual dan hasil pemodelan BIM menggunakan Tekla Structures pada setiap lantai; (2) menganalisis penyebab selisih yang terjadi antara kedua metode, termasuk dari sisi jumlah dan variasi tipe elemen; dan (3) mengestimasi implikasi selisih tersebut terhadap RAB pekerjaan pembesian balok, menggunakan studi kasus proyek Wijaya Guest House di Jakarta.

2. RESEARCH METHOD

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif komparatif, yaitu membandingkan dua metode perhitungan (manual dan BIM) terhadap objek yang identik untuk mengetahui besar dan pola selisihnya. Tahapan penelitian mencakup studi literatur, pengumpulan data, perhitungan manual, pemodelan BIM, ekstraksi data kuantitas, hingga analisis perbandingan dan implikasi biaya.

2.1. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan Wijaya Guest House yang berlokasi di Jalan Wijaya Timur, Jakarta Selatan. Objek penelitian dibatasi pada elemen balok, meliputi balok Lantai 1 (sloof), Lantai 2, Lantai 3, dan balok Dak Atap (roof top), dengan pertimbangan bahwa balok merupakan elemen dengan variasi tipe dan jumlah terbanyak pada bangunan ini sehingga berpotensi menghasilkan selisih perhitungan yang paling signifikan dibandingkan elemen struktur lainnya.

2.2. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil pemodelan tiga dimensi pada perangkat lunak Tekla Structures beserta laporan Cast Unit List dan Cast Unit Rebar List yang dihasilkan secara otomatis oleh perangkat lunak tersebut. Data sekunder berupa gambar kerja (shop drawing) dan Bar Bending Schedule (BBS) yang diperoleh dari kontraktor pelaksana, PT. Roket Jaya Abadi, yang menjadi acuan bagi perhitungan manual maupun validasi model BIM.

2.3. Tahapan Penelitian

Perhitungan manual dilakukan dengan mengelompokkan balok pada setiap lantai ke dalam beberapa tipe berdasarkan kesamaan dimensi penampang dan konfigurasi tulangan pada gambar kerja, menghasilkan sembilan hingga sebelas tipe balok per lantai. Volume beton dihitung dengan rumus $V = b \times h \times L$, dengan

asumsi bentang bersih seragam $L = 3,00$ m untuk setiap elemen, sedangkan panjang penyaluran tulangan menggunakan pendekatan $L_d = 40D$ sebagai penyederhanaan praktis dari ketentuan panjang penyaluran tulangan ulir kondisi tarik pada SNI 2847:2019 Pasal 25.4.2 (Badan Standarisasi Nasional, 2019; Budiman et al., 2024). Berat tulangan total diperoleh dengan mengalikan panjang total tulangan dengan berat jenis tulangan per meter.

Pemodelan BIM dilakukan dengan Tekla Structures, dimulai dari pembuatan grid sesuai denah, pemodelan geometri beton balok mengikuti gambar kerja, hingga input tulangan utama dan sengkang menggunakan fitur pembesian pada perangkat lunak tersebut. Berbeda dengan perhitungan manual yang menyeragamkan balok ke dalam beberapa tipe, Tekla Structures memodelkan setiap elemen balok sebagai cast unit individual sesuai geometri aktualnya, menghasilkan dua puluh satu hingga tiga puluh dua cast unit per lantai. Setelah pemodelan selesai, data volume beton dan berat tulangan diekstraksi secara otomatis melalui fitur Report pada menu Drawings & Reports, menggunakan templat Cast Unit List untuk volume beton dan Cast Unit Rebar List serta Rebar Bending List untuk rincian tulangan.

2.4. Teknik Analisis Data

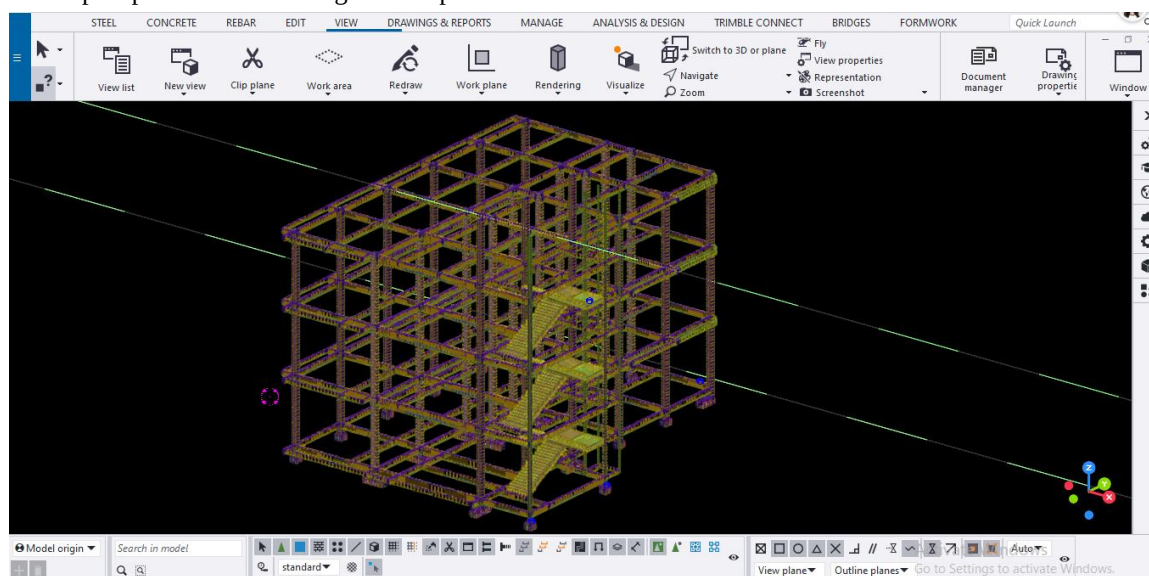
Data berat tulangan hasil kedua metode dibandingkan pada tingkat lantai menggunakan persamaan selisih persentase: $\text{Selisih (\%)} = ((\text{Aktual} - \text{Manual}) / \text{Manual}) \times 100\%$, dengan nilai aktual mengacu pada hasil ekstraksi Tekla Structures. Selanjutnya, untuk mengestimasi implikasi biaya, berat tulangan pada kedua metode dikalikan dengan harga satuan pekerjaan besi tulangan balok (Rp13.402,87/kg) yang bersumber dari Surat Penawaran Harga (SPH) PT. Roket Jaya Abadi untuk proyek yang sama, sehingga diperoleh perbandingan estimasi biaya pengadaan material antara kedua metode.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Hasil Pemodelan Building Information Modeling

Pemodelan balok pada Tekla Structures dilakukan secara bertahap, dimulai dari pembuatan grid koordinat sesuai denah pada gambar kerja untuk menentukan posisi dan orientasi setiap elemen struktur, dilanjutkan dengan pemodelan geometri beton balok pada setiap lantai sesuai dimensi penampang dan bentang aktualnya. Tahap berikutnya adalah input tulangan utama dan sengkang menggunakan fitur pembesian, dengan diameter, jarak, dan panjang penyaluran yang mengikuti detail pada gambar kerja dan Bar Bending Schedule dari kontraktor pelaksana. Proses pemodelan dilakukan secara berurutan untuk setiap elemen balok pada Lantai 1 (sloof), Lantai 2, Lantai 3, dan Dak Atap, kemudian divalidasi kembali terhadap gambar kerja untuk memastikan kesesuaian dimensi dan konfigurasi tulangan sebelum data diekstraksi.

Setelah seluruh elemen balok pada keempat lantai selesai dimodelkan dan divalidasi, diperoleh visualisasi struktur secara keseluruhan dalam bentuk model tiga dimensi yang merepresentasikan geometri beton dan konfigurasi tulangan aktual setiap elemen, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Model ini menjadi dasar bagi proses quantity take off otomatis yang menghasilkan data Cast Unit List (volume dan berat beton) serta Cast Unit Rebar List dan Rebar Bending List (rincian berat, panjang, dan bentuk tulangan per batang) melalui fitur Report pada menu Drawings and Reports.



Gambar 1. Model Tiga Dimensi Tulangan Balok Seluruh Lantai pada Tekla Structures

3.2. Perbandingan Berat Tulangan Balok Manual dan Aktual Tekla Structures

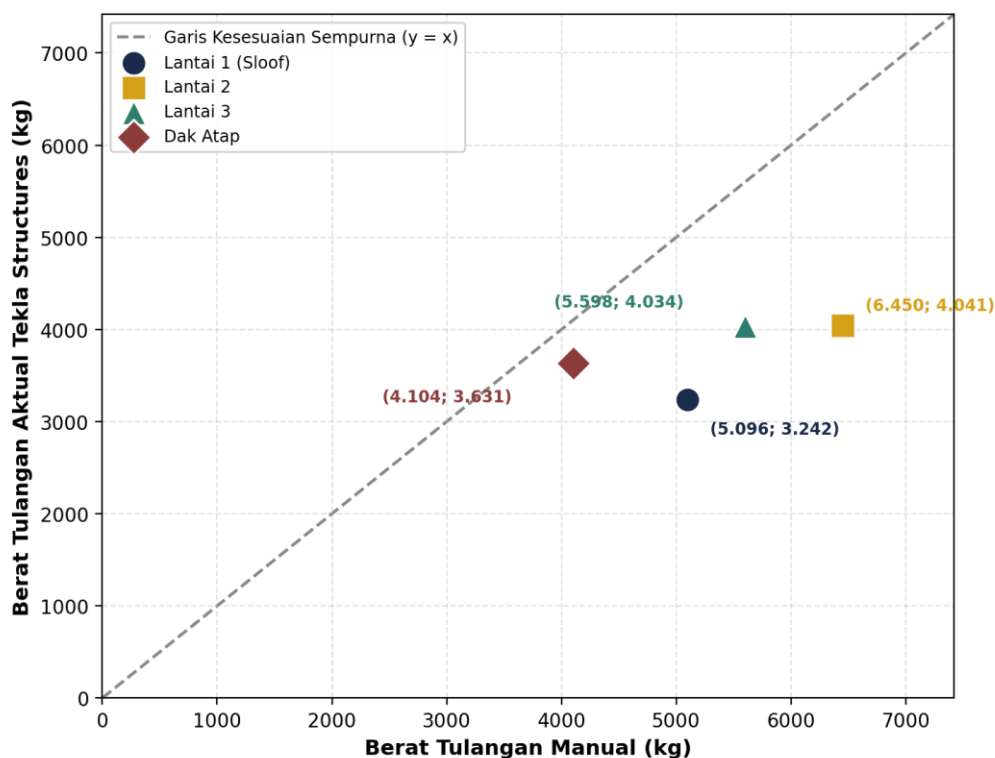
Hasil perhitungan manual dan hasil ekstraksi data aktual Tekla Structures untuk berat tulangan balok pada setiap lantai disajikan pada Tabel 1. Secara keseluruhan, berat tulangan hasil perhitungan manual selalu lebih besar dibandingkan data aktual Tekla Structures pada setiap lantai, dengan total selisih rata-rata 29,65 persen untuk keseluruhan bangunan.

Tabel 1. Perbandingan Berat Tulangan Balok Manual dan Data Aktual Tekla Structures per Lantai

Lantai	Manual (kg)	Aktual Tekla (kg)	Selisih (%)
Lantai 1 (Sloof)	5.095,51	3.242,00	-36,38
Lantai 2	6.450,07	4.040,70	-37,35
Lantai 3	5.598,15	4.034,50	-27,93
Dak Atap	4.104,37	3.631,30	-11,53
Total	21.248,10	14.948,50	-29,65

Hubungan antara berat tulangan manual dan data aktual Tekla Structures pada keempat lantai disajikan pada Gambar 2 dalam bentuk diagram sebar, dilengkapi garis kesesuaian sempurna ($y = x$) sebagai acuan. Seluruh titik pada Gambar 2 berada di bawah garis $y = x$, menegaskan bahwa perhitungan manual secara konsisten melebihi kebutuhan aktual pada setiap lantai. Jarak titik terhadap garis $y = x$ paling besar terlihat pada Lantai 1 dan Lantai 2, sejalan dengan persentase selisih tertinggi pada Tabel 1, sedangkan titik Dak Atap berada paling dekat dengan garis tersebut, konsisten dengan selisih terkecil sebesar 11,53 persen.

Diagram Sebar Berat Tulangan Balok: Manual vs Data Aktual Tekla Structures per Lantai



Gambar 2. Diagram Sebar Berat Tulangan Balok per Lantai: Manual vs Data Aktual Tekla Structures

Selisih yang konsisten pada setiap lantai bukan disebabkan oleh kesalahan rumus, melainkan oleh perbedaan tingkat ketelitian dalam mengelompokkan tipe elemen. Perhitungan manual mengelompokkan balok menjadi sembilan hingga sebelas tipe seragam per lantai dengan asumsi bentang bersih 3,00 m, sedangkan Tekla Structures merinci dua puluh satu hingga tiga puluh dua cast unit individual sesuai geometri aktualnya, termasuk variasi panjang bentang, jarak sengkang, dan detail penulangan pada pertemuan balok-kolom. Penyeragaman bentang pada metode manual, ditambah kecenderungan perencana menambahkan faktor keamanan tambahan pada tahap perencanaan awal, menyebabkan estimasi berat tulangan yang overdesign dibandingkan kebutuhan aktual di lapangan.

Temuan ini sejalan dengan hasil studi Mulyono et al. (2022) yang mengidentifikasi bahwa perbedaan volume antara metode konvensional dan BIM pada elemen struktur beton sebagian besar bersumber dari dua faktor, yaitu perhitungan ganda (double counting) pada bagian struktur yang saling bersinggungan, khususnya pertemuan balok dan kolom, serta penambahan volume pengaman (safety stock) yang dilakukan perencana untuk mengantisipasi kekurangan material selama pelaksanaan. Pada metode manual, kedua faktor tersebut

sulit dikontrol karena perhitungan dilakukan berdasarkan gambar denah dua dimensi yang tidak secara otomatis mendeteksi tumpang tindih volume antar elemen. Sebaliknya, pemodelan tiga dimensi pada Tekla Structures secara inheren menghindari perhitungan ganda karena volume dihitung langsung dari geometri solid model, sehingga elemen yang saling berpotongan tidak dihitung lebih dari satu kali.

Jika dinyatakan dalam bentuk tingkat akurasi, rata-rata hasil perhitungan manual hanya mencapai sekitar 70,35 persen dari kebutuhan aktual berat tulangan balok (diperoleh dari selisih rata-rata sebesar 29,65 persen), dengan tingkat akurasi terendah pada Lantai 2 sebesar 62,65 persen dan tertinggi pada Dak Atap sebesar 88,47 persen. Variasi tingkat akurasi antar lantai ini mengindikasikan bahwa metode manual cenderung kurang presisi pada lantai dengan jumlah dan variasi tipe balok yang lebih banyak, sehingga penerapannya perlu disertai kehati-hatian ekstra atau divalidasi ulang menggunakan model BIM pada proyek dengan kompleksitas geometri tinggi.

3.3. Perbandingan Jumlah dan Tipe Elemen Balok

Selain berat tulangan, perbedaan mendasar antara kedua metode juga terlihat dari sisi jumlah elemen (cast unit) dan jumlah tipe/varian balok yang digunakan, sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Perhitungan manual menyederhanakan balok pada setiap lantai menjadi sembilan hingga sebelas tipe seragam, dengan total 296 elemen untuk seluruh bangunan. Sebaliknya, Tekla Structures merinci dua puluh satu hingga tiga puluh dua tipe cast unit per lantai, dengan total 273 elemen aktual, karena setiap perbedaan kecil pada dimensi, posisi tulangan, atau detail sambungan dimodelkan sebagai cast unit tersendiri.

Tabel 2. Perbandingan Jumlah Elemen dan Jumlah Tipe Balok Manual dan Tekla Structures per Lantai

Lantai	Elemen Manual	Elemen Tekla	Tipe Manual	Tipe Tekla
Lantai 1	71	58	9	21
Lantai 2	90	71	10	31
Lantai 3	80	71	10	31
Dak Atap	55	73	11	32
Total	296	273	—	—

Jumlah tipe balok pada model Tekla Structures yang dua hingga tiga kali lebih banyak dibandingkan perhitungan manual menjadi bukti kuantitatif bahwa penyederhanaan tipe pada metode manual merupakan penyebab utama selisih berat tulangan yang dibahas pada subbab sebelumnya, sejalan dengan temuan Rahmiyumna (2021) dan Meinawati (2022) yang juga melaporkan bahwa granularitas data BIM jauh melampaui kemampuan pengelompokan manual pada elemen dengan variasi geometri tinggi.

3.4. Implikasi terhadap Rencana Anggaran Biaya

Estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan pembesian balok disusun dengan mengalikan berat tulangan pada Tabel 1 dengan harga satuan pekerjaan besi tulangan balok sebesar Rp13.402,87 per kilogram, bersumber dari Surat Penawaran Harga (SPH) PT. Roket Jaya Abadi untuk proyek yang sama. Penyusunan RAB yang akurat merupakan bagian penting dari manajemen proyek konstruksi, karena kesalahan estimasi kuantitas material berdampak langsung pada perencanaan arus kas dan pengadaan (Erviyanto, 2005). Hasil estimasi biaya pembesian balok manual dan aktual Tekla Structures per lantai disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Estimasi Biaya Pekerjaan Pembesian Balok Manual dan Aktual Tekla Structures per Lantai

Lantai	Biaya Manual (Rp)	Biaya Aktual (Rp)	Selisih (%)
Lantai 1	68.294.474	43.452.115	57,17
Lantai 2	86.449.470	54.156.990	59,63
Lantai 3	75.031.294	54.073.892	38,76
Dak Atap	55.010.351	48.669.853	13,03
Total	284.785.590	200.352.850	42,14

Tabel 3 menunjukkan bahwa total biaya berdasarkan perhitungan manual mencapai Rp284.785.590, sedangkan kebutuhan aktual berdasarkan data Tekla Structures hanya sebesar Rp200.352.850. Selisih sebesar Rp84.432.740, atau rata-rata 42,14 persen lebih tinggi dari kebutuhan aktual, merupakan potensi kelebihan anggaran pengadaan material (over-budget) yang timbul apabila pengadaan material besi tulangan didasarkan pada hasil perhitungan manual. Potensi kelebihan biaya paling besar terjadi pada Lantai 2 (59,63 persen) dan Lantai 1 (57,17 persen), konsisten dengan pola selisih berat tulangan dan jumlah tipe elemen pada kedua lantai tersebut.

Temuan ini memperkuat hasil penelitian Fitriyono et al. (2023) dan Adhi et al. (2016) yang juga melaporkan penghematan biaya signifikan pada penerapan BIM dibandingkan metode konvensional, meskipun besaran persentase pada penelitian ini lebih tinggi karena fokus pembahasannya yang lebih spesifik pada elemen balok dan penggunaan harga satuan proyek riil, bukan estimasi harga rata-rata pasar. Secara praktis, hasil ini menunjukkan bahwa pemodelan BIM tidak hanya bermanfaat dari sisi akurasi teknis, tetapi juga memiliki dampak finansial yang nyata terhadap pengendalian biaya pengadaan material proyek konstruksi. Bagi quantity surveyor dan estimator biaya, temuan ini mengindikasikan bahwa data kuantitas dari model BIM dapat

dijadikan acuan utama dalam penyusunan RAB, sementara perhitungan manual sebaiknya diposisikan sebagai alat verifikasi silang pada tahap awal perencanaan, bukan sebagai dasar tunggal pengadaan material.

3.5. Efisiensi Waktu Penyusunan Data

Selain akurasi kuantitas, kedua metode juga dibandingkan dari sisi waktu penyusunan data. Pembuatan model tiga dimensi, gambar kerja dua dimensi, serta penarikan data volume dan Bar Bending Schedule pada Tekla Structures dapat diselesaikan dalam waktu sekitar tiga hingga lima hari kerja untuk satu bangunan empat lantai. Sebagai perbandingan, proses yang sama secara manual, mulai dari pembacaan gambar, perhitungan, hingga penyusunan tabel rekapitulasi, membutuhkan waktu sekitar lima belas hingga dua puluh hari kerja, atau sekitar 75 persen lebih lama dibandingkan metode BIM. Selain lebih cepat, kesalahan hitung atau kesalahan baca gambar pada metode manual umumnya baru diketahui pada tahap pelaksanaan di lapangan, sedangkan pada Tekla Structures potensi kesalahan dapat terdeteksi lebih awal melalui visualisasi tiga dimensi pada tahap perencanaan, sehingga turut menekan risiko pemborosan material akibat kesalahan detailing (Salsabila & Apdeni, 2025).

4. CONCLUSION

Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan berat tulangan balok menggunakan metode manual secara konsisten lebih besar dibandingkan data aktual pemodelan Building Information Modeling dengan Tekla Structures pada seluruh lantai bangunan Wijaya Guest House, dengan total berat tulangan manual sebesar 21.248,10 kilogram berbanding 14.948,50 kilogram pada data aktual, atau selisih rata-rata 29,65 persen. Selisih terbesar terjadi pada Lantai 2 sebesar 37,35 persen dan terkecil pada Dak Atap sebesar 11,53 persen.

Selisih tersebut disebabkan oleh perbedaan tingkat ketelitian pengelompokan tipe elemen, bukan oleh kesalahan rumus perhitungan. Metode manual menyederhanakan variasi geometri balok menjadi sembilan hingga sebelas tipe seragam per lantai dengan total 296 elemen, sementara Tekla Structures merepresentasikan setiap elemen sesuai kondisi aktualnya dalam dua puluh satu hingga tiga puluh dua tipe cast unit per lantai dengan total 273 elemen. Selisih berat tulangan dan jumlah tipe elemen tersebut berimplikasi pada potensi kelebihan anggaran pengadaan material sebesar 42,14 persen, atau setara Rp84.432.740, apabila pengadaan besi tulangan didasarkan pada hasil perhitungan manual.

Dengan demikian, pemodelan Building Information Modeling berbasis Tekla Structures terbukti memberikan estimasi volume dan berat tulangan balok yang lebih presisi, lebih rinci, dan lebih dapat diandalkan sebagai dasar pengendalian biaya proyek dibandingkan metode konvensional, sekaligus memperkuat urgensi percepatan adopsi BIM oleh pelaksana konstruksi di Indonesia. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada cakupan analisis yang difokuskan pada elemen balok serta penggunaan asumsi bentang bersih seragam pada perhitungan manual, sehingga hasil selisih yang diperoleh bersifat spesifik untuk karakteristik proyek Wijaya Guest House dan tidak serta-merta dapat digeneralisasi pada seluruh proyek dengan tipologi berbeda. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas cakupan analisis pada elemen struktur lain seperti kolom, pelat, dan fondasi, serta membandingkan hasil dengan volume realisasi di lapangan untuk memperoleh gambaran akurasi yang lebih menyeluruh.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Roket Jaya Abadi selaku kontraktor pelaksana proyek Wijaya Guest House atas izin penggunaan data gambar kerja dan Bar Bending Schedule, serta kepada Program Studi Teknik Sipil Universitas Dian Nusantara atas dukungan yang diberikan selama penelitian ini berlangsung.

REFERENCES

- Adhi, R. P., Hidayat, A., & Nugroho, H. (2016). Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, dan Sumber Daya Manusia antara Metode Building Information Modelling (BIM) dan Konvensional. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220–229.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Badan Standarisasi Nasional*, —, —.
- Budiman, E., Ariani, I., & Pontus, A. J. (2024). Sosialisasi tentang Panjang Penyaluran dan Kait Sambungan Balok dan Kolom pada Tenaga Konstruksi di Kutai Kartanegara. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 4(1), 227–234. <https://doi.org/10.54082/jamsi.1056>
- Diputra, G. A., Wiranata, A. A., & Kharisma, A. (2023). Perbandingan Bill of Quantity (BOQ) antara Dokumen Kontrak dengan Hasil Perhitungan Tekla Structures (Studi Kasus: Proyek Gedung Mall di Pulau Jawa). *Jurnal Spektran*, 11(1), 55–61. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRAN.2023.v11.i01.p07>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors (2nd ed.). *John Wiley & Sons*, —, —.
- Ervianto, W. I. (2005). Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi). *Andi Offset*, —, —.
- Fitriano, F., Haza, Z. F., & Shulhan, M. A. (2023). Analisis Perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Metode Konvensional dengan Metode Building Information Modeling (BIM) (Studi Kasus Gedung 3 Lantai di Yogyakarta). *Jurnal Ilmu Teknik Sipil Surya Beton*, 7(1), 13–24.

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Modul 5: Pemodelan 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D serta Simulasinya dan Level of Development (LOD). Pelatihan Perencanaan Konstruksi dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM). *Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia PUPR*, —, —.
- Maulina, E. E., Wiryasuta, I. K. H., & Rodiyani, M. (2023). Perhitungan Quantity Take Off Pekerjaan Beton pada Proyek X dengan Aplikasi Tekla Structures. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 1–11. <https://doi.org/10.30811/portal.v15i2.4276>
- Meinarwati. (2022). Evaluasi Penerapan BIM Tekla Structures terhadap Perhitungan Bar Bending Schedule (Studi Kasus Gedung Dormitory Proyek Pembangunan Fasilitas Kawasan Geodiversitas Indonesia di Karangsembung Paket 2). *Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada*, —, —.
- Mulyono, B., Zain, H. A., & Sudibyo, G. H. (2022). Analisis Perbandingan Efektifitas Metode Konvensional dan BIM pada Elemen Struktur Beton (Studi Kasus Gedung Pelayanan Pendidikan FISIP Unsoed). *Jurnal DISPROTEK*, 13(1), 37–44. <https://doi.org/10.34001/jdpt.v13i1.3078>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 8 Tahun 2023. Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Kementerian PUPR*, —, —.
- Pratama, A., & Marzuki, P. F. (2023). Kajian Implementasi BIM (Building Information Modeling) di Indonesia Berdasarkan Perspektif Pelaksana Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Kontraktor BUMN). *Jurnal Teknik Sipil*, 30(2), —. <https://doi.org/10.5614/jts.2023.30.2.15>
- Putri Artanti, T., Ketut Sucita, I., & Yanuarini, E. (2022). Perbandingan BOQ Tulangan antara Metode Konvensional dengan BIM Apartemen “X”. *Jurnal Poli-Teknologi*, 21(1), 28–35. <https://doi.org/10.32722/pt.v21i1.4140>
- Rahmiyumna, I. (2021). Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Beton dan Baja Tulangan Metode Konvensional dan Building Information Modelling (BIM) dengan Menggunakan Software Tekla Structure 2021. *Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada*, —, —.
- Salsabila, S., & Apdeni, R. (2025). Implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam Perhitungan Volume Besi Tulangan dan Bar Bending Schedule (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Sakit X). *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, 6(4), 449–455.