

Optimasi Penggunaan Material Besi Tulangan pada Konstruksi Bangunan Bertingkat dengan Metode Building Information Modeling

Yohanesio*, Subrata Aditama K.A.UDA, Okta Meilawaty, Rudi Waluyo, Dewantoro

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

*Koresponden email: yohanesio22@gmail.com

Diterima: 30 April 2025

Disetujui: 05 Mei 2025

Abstract

This research definitively compares Building Information Modeling (BIM) with conventional methods to optimize reinforcing bar usage in multi-story building construction. Reinforcing bars are high-value materials, accounting for 20-30% of construction material procurement costs. The BIM method uses Autodesk Revit for 3D modeling and reinforcement, and Cutting Optimization Pro software for cutting optimization. The conventional method uses AutoCAD and MS Excel. The analysis results clearly indicate that the BIM method is more efficient with a volume of 183,618.77 kg compared to the conventional method's 194,562.98 kg. BIM generates significant savings for D10 (14.51%), D13 (47.29%), and D16 (40.15%) diameter bars. BIM combined with Autodesk Revit automatically generates Bar Bending Schedules (BBS) that are integrated with 3D models. This approach ensures seamless updates, eliminates error risks, and delivers superior clash detection capabilities. BIM's waste optimization strategy achieved a significant reduction in total reinforcement waste by 13,288.28 kg, from 32,148.83 kg to 18,860.56 kg. This was accomplished through the use of precise 3D modeling, despite slight increases in waste observed in D13 and D16 due to differences in calculation approaches.

Keywords: *building information modeling, bar bending schedule, waste optimization, reinforcing bars, clash detection*

Abstrak

Penelitian ini membandingkan metode Building Information Modeling (BIM) dengan metode konvensional dalam optimasi penggunaan besi tulangan pada konstruksi bangunan bertingkat. Besi tulangan merupakan material bernilai ekonomi tinggi yang mencakup 20-30% dari biaya pengadaan material konstruksi. Metode BIM menggunakan Autodesk Revit untuk pemodelan 3D dan penulangan, serta Software Cutting Optimization Pro untuk optimasi pemotongan, sementara metode konvensional menggunakan AutoCAD dan MS Excel. Hasil analisis menunjukkan metode BIM lebih efisien dengan volume 183.618,77 kg dibandingkan metode konvensional sebesar 194.562,98 kg. BIM menghasilkan penghematan signifikan pada diameter D10 (14,51%), D13 (47,29%), dan D16 (40,15%). Pemanfaatan BIM dengan Autodesk Revit menghasilkan Bar Bending Schedule (BBS) otomatis yang terintegrasi dengan model 3D, memungkinkan pembaruan otomatis, mengurangi risiko kesalahan, dan kemampuan clash detection. Dalam optimasi waste, BIM berhasil menurunkan total waste material tulangan sebesar 13.288,28 kg (dari 32.148,83 kg menjadi 18.860,56 kg) melalui pemodelan 3D yang presisi, meskipun terjadi sedikit kenaikan waste pada D13 dan D16 akibat perbedaan pendekatan perhitungan.

Kata Kunci: *building information modeling, bar bending schedule, optimasi waste, besi tulangan, clash detection*

1. Pendahuluan

Salah satu permasalahan utama dalam proyek konstruksi bangunan bertingkat adalah pengelolaan material, khususnya besi tulangan yang merupakan material dengan nilai ekonomi tinggi, mencakup sekitar 20%-30% dari biaya pengadaan material konstruksi secara keseluruhan [1]. Material besi tulangan harus diperhitungkan dengan teliti untuk mendapatkan nilai kebutuhan yang optimal dan meminimalkan sisa potongan yang dapat mengakibatkan kerugian [2]. Mengurangi pemborosan material berarti dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi biaya yang terkait dengan pembelian material tambahan. Dalam konteks optimasi waste tulangan, Building Information Modeling (BIM) dapat menjadi alat yang sangat efektif karena integrasinya dengan dokumen gambar dan perhitungan hasil volume, pembuatan suatu dokumen seperti *Bar Bending Schedule* (BBS), menjadi lebih mudah dengan Metode BIM

[3]. *Bar Bending Schedule* (BBS) merupakan sebuah daftar pola pembengkokan tulangan seperti data bentuk, diameter, panjang dan jumlah tulangan [4]. BBS menghasilkan kebutuhan besi dalam satuan batang yang kemudian menghasilkan satuan berat [5]. Pemotongan besi tulangan yang tidak optimal merupakan faktor utama penyebab terjadinya waste material [6]. Material besi tulangan umumnya diproduksi dalam bentuk batangan dengan panjang standar 12 meter, dan proses pemotongan untuk pekerjaan struktur beton bertulang seringkali menimbulkan sisa material berupa potongan-potongan besi [7]. Sisa potongan ini dikategorikan sebagai limbah hasil konstruksi yang dapat menimbulkan kerugian [1]. *Cutting Optimization Pro* adalah satu program pemotongan yang dapat digunakan untuk membuat rencana pemotongan yang optimal dengan menggabungkan berbagai pola pemotongan satu dimensi (1D) yang cocok untuk material seperti besi tulangan.

Hasil analisis menggunakan software *cutting optimization pro* dapat meminimalkan waste secara optimal sebesar 4,3% [8]. Metode konvensional yang biasanya dilakukan hanya mendistribusikan sisa potongan tulangan ke komponen struktur lain yang masih memenuhi spesifikasi sesuai gambar rencana, padahal sebenarnya masih dapat dibuat berbagai macam pola pemotongan yang optimal [9]. Pada penelitian ini software yang digunakan adalah Autodesk Revit untuk melakukan pemodelan dan mendapatkan data *Bill of Quantity* material besi tulangan untuk kemudian dilakukan optimasi dengan menggunakan *Cutting Optimization Pro* lalu melakukan perbandingan hasilnya dengan metode konvensional.

2. Metode Penelitian

2.1 Data Penelitian

Data primer dalam penelitian ini terdiri dari observasi, wawancara, dan dokumentasi, sedangkan untuk data sekunder dalam penelitian ini mencakup data shop drawing dan studi literatur.

2.2 Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini dalam proses mengolah data guna mendapatkan hasil yang dibutuhkan dilakukan analisis data dengan menggunakan metode konvensional dan metode BIM. Berikut adalah tahapan detail untuk setiap langkah dalam proses analisis data dari metode yang digunakan dalam penelitian ini:

2.2.1 Metode Konvensional

Pada metode konvensional menggunakan Autodesk Autocad dan MS. Excel [9] dengan tahapan adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan Bar Bending Schedule (BBS)

Pada metode konvensional, pembuatan BBS dilakukan dengan membaca gambar kerja (shop drawing) untuk mengetahui panjang, tipe, dan lokasi besi tulangan pada setiap pekerjaan. Proses selanjutnya adalah menggambar bentuk tulangan menggunakan Autodesk AutoCAD, kemudian menghitung kebutuhan jumlah dan panjang tulangan dengan Microsoft Excel untuk kemudian dilakukan analisis.

2. Optimasi Sisa Material (Waste)

Pada metode konvensional, setelah memperoleh panjang pemotongan untuk setiap besi tulangan berdasarkan tipenya, dilakukan proses optimasi. Optimasi dilakukan dengan menggunakan model besi tulangan pabrik panjang standar 12 meter. Sisa hasil pemotongan yang masih memenuhi persyaratan akan didistribusikan untuk digunakan kembali. Alat bantu yang digunakan dalam proses optimasi ini adalah Microsoft Excel.

2.2.2 Metode BIM

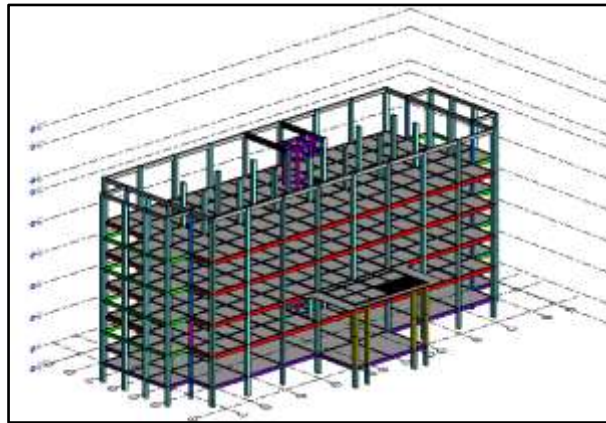
Pada metode dibagi menjadi 5 (lima) tahapan secara garis besar yang dilakukan. Mulai dari pengumpulan data, lalu dilanjutkan dengan pemodelan 3D elemen struktur Kolom, Balok dan Pelat beserta penulangannya. Setelah model 3D selesai maka selanjutnya adalah menampilkan Bill of Quantity (BoQ) material besi tulangan. Selanjutnya menyusun Bar Bending Schedule (BBS) Selanjutnya optimasi dilakukan menggunakan Software Cutting Optimization Pro (SCOP) dari hasil output sebelumnya untuk mendapatkan hasil pemotongan dan waste yang optimal.

1. Membuat permodelan 3D elemen struktur kolom, balok dan pelat beserta pemodelan rebar (Penulangan), dengan bantuan software Autodesk Revit setelah pemodelan selesai dilakukan Clash Detection menggunakan bantuan software Autodesk Naviswork Manage untuk memudahkan melacak tabrakan terhadap elemen struktural pada model sebelumnya dari Revit terutama pada rebar (Penulangan).

3. Pada metode BIM Bill Of Quantity (BoQ) akan di perhitungan secara otomatis hasil dari pemodelan 3D pada Revit sebelumnya.
4. Menyusun Bar Bending Schedule (BBS) dalam Revit dilakukan pada tab sheets agar dapat menampilkan Bending Detail dan informasi lainnya seperti mengenai jenis, diameter, bentuk, panjang, dan jumlah besi tulangan.
5. Hasil output dari BBS Revit kemudian di optimasi menggunakan Cutting Optimization Pro (COP). Cara kerja perangkat lunak ini adalah dengan menggabungkan pola potongan tulangan yang paling optimal sehingga menghasilkan waste material yang paling minimum.

3. Hasil dan Pembahasan

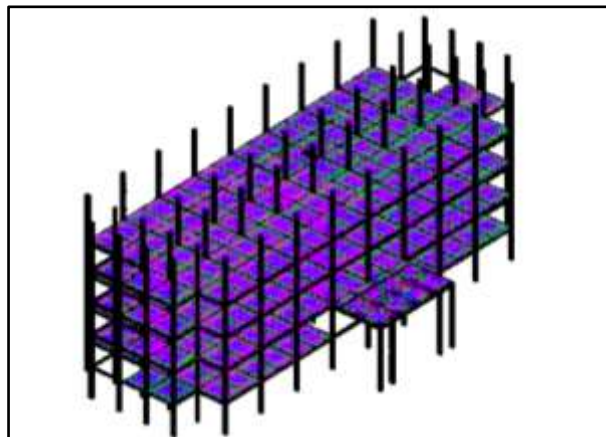
Pemodelan 3D bangunan dari penelitian ini menggunakan software Autodesk Revit yang terdiri dari elemen struktur kolom, Balok, dan Pelat yang mengacu pada gambar shop drawing dengan format file gambar autocad. Adapun hasil pemodelan 3D dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Model 3D Bangunan dengan Autodesk Revit.

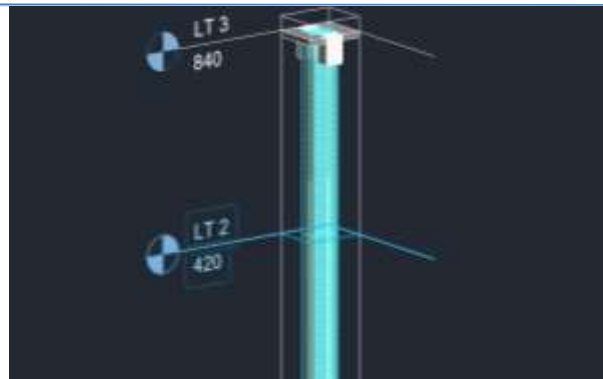
Sumber: Olahan data penulis (2025)

Setelah pemodelan elemen struktur atas selesai dimodelkan selanjutnya dilakukan pemodelan penulangan pada setiap elemen struktur menggunakan tab rebar (Penulangan) untuk detail penulangan mengacu pada SNI 2847-2019 [10]. Pemodelan 3D penulangan pada elemen struktur kolom, balok dan pelat dapat dilihat **pada Gambar 2-5**.

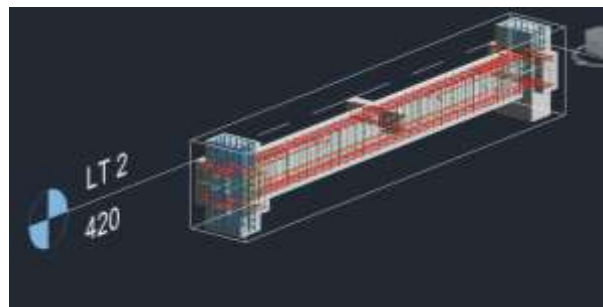


Gambar 2. Model 3D tulangan dengan Autodesk Revit.

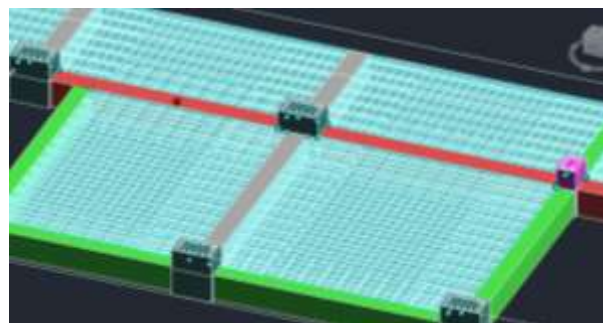
Sumber: Olahan data penulis (2025)



Gambar 3. Detail 3D tulangan pada kolom dengan Autodesk Revit.
 Sumber: Olahan data penulis (2025)



Gambar 4. Detail 3D tulangan pada balok dengan Autodesk Revit.
 Sumber: Olahan data penulis (2025)



Gambar 5. Detail 3D tulangan pada pelat dengan Autodesk Revit.
 Sumber: Olahan data penulis (2025)

Langkah selanjutnya adalah mengeluarkan Quantity Take Off (QTO) dari material besi tulangan. Pada metode BIM QTO sudah dihitung secara otomatis [11] output dari model sebelumnya. Hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil BBS metode BIM

Type	Quantity	Total Bar Length	Reinforcement Volume	Berat Besi Nominal/m
D10	55.896	116.091.270	9.117.787,02	71.628,31
D13	276	2.595.540	344.511,97	2.704,55
D16	114	1.167.780	234.796,10	1.842,76
D19	8.354	48.267.360	13.685.183,62	107.443,14
Total :	64.640	168.121.950	23.382.278,71	183.618,77

Sumber: Olahan data penulis (2025)

Hasil dari sebelumnya dilakukan perbandingan antara metode konvensional dengan metode BIM hasil dari perbandingan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut

Tabel 2. Hasil Perbandingan Metode Konvensional dengan metode BIM

Tipe	Konvensional		BIM		Selisih Kg	Selisih %
	Total Panjang TUL, (MM)	Berat TUL (Kg)	Total Panjang TUL, (MM)	Berat TUL (Kg)		
D10	135.797.012	83.786,76	116.091.270	71.628,31	12.158,45	14,51
D13	4.924.064	5.130,87	2.595.540	2.704,55	2.426,32	47,29
D16	1.951.040	3.078,74	1.167.780	1.842,76	1.235,98	40,15
D19	46.076.642	102.566,61	48.267.360	107.443,14	4.876,53	4,54
Total		194.562,98		183.618,76		

Sumber: Olahan data penulis (2025)

Setelah didapat output dari analisis masing-masing metode langkah selanjutnya adalah melakukan optimasi pada pada material besi besi tulangan dengan memasukan data panjang, diameter dan jumlah tulangan. Untuk metode konvensional dilakukan dengan distribusi sedangkan pada metode BIM menggunakan SCOP untuk optimasinya. Distribusi tulangan dilakukan dengan memotong besi fabrikasi lapangan sepanjang 12 meter sesuai spesifikasi hasil analisis BBS, dimana waste besi dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan potongan tulangan lain jika dimensi panjangnya mencukupi [12], sedangkan metode SCOP yang dikembangkan oleh Optimal Programs SRL menganalisis dan mengoptimalkan pola pemotongan besi tulangan sehingga sisa material dapat digunakan kembali untuk tipe tulangan berikutnya[13].

Waste level dihitung untuk mengetahui volume waste dari item yang diteliti. Waste level ini dihitung menggunakan metode pendekatan dengan rumus[14].

$$\text{Waste level} = (\text{Volume waste})/(\text{volume material terpakai})\dots\dots\dots(1)$$

Hasil dari optimasi *waste* kemudian dilakukan perbandingan untuk mengetahui selisih dari masing-masing metode yang dilakukan, dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Perbandingan Optimasi Waste

Tipe	Konvensional		BIM		Selisih Kg
	Waste (Kg)	Waste (%)	Waste (Kg)	Waste (%)	
D10	19.787,80	23,62	9.867,51	13,78	9.920,29
D13	208,33	4,06	433,95	16,05	-225,62
D16	178,25	5,79	259,14	14,06	-80,89
D19	11.974,45	11,67	8.299,95	7,72	3.674,50
Total	32.148,83		18.860,56		13.288,28

Sumber: Olahan data penulis (2025)

4. Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan metode BIM lebih efisien dalam pembuatan *Bar Bending Schedule* (BBS) untuk bangunan bertingkat dengan volume 183.618,77 kg, yang lebih rendah dibandingkan metode konvensional sebesar 194.562,98 kg, dimana BIM menghasilkan penghematan signifikan pada D10 (14,51%), D13 (47,29%), dan D16 (40,15%), sementara BIM dengan *Software Autodesk Revit* menghasilkan BBS secara otomatis yang terintegrasi dengan model 3D sehingga memungkinkan pembaruan otomatis, mengurangi risiko kesalahan, dan dapat melakukan pelacakan *real-time* serta mengidentifikasi *clash detection* antar tulangan.

Optimasi *waste* menunjukkan BIM SCOP berhasil mengoptimasi *waste* material tulangan secara keseluruhan dengan total penurunan 13.288,28 kg (dari 32.148,83 kg menjadi 18.860,56 kg), dimana penerapan BIM mengurangi *waste* pada tulangan D10 dan D19 melalui pemodelan 3D yang presisi, meskipun terjadi kenaikan *waste* pada D13 dan D16 yang disebabkan perbedaan pendekatan perhitungan antara metode konvensional yang menggunakan sistem tulangan menerus dengan BIM yang memodelkan pemotongan tulangan sesuai ketentuan.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada rekan-rekan dan mentor yang telah berkontribusi dalam penelitian ini selama berkuliah di Universitas Palangka Raya, baik melalui wawasan berharga maupun keahlian teknis yang sangat membantu penyelesaian penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- [1] D. Arifin, A. J. Saputra, dan A. Savitri, “Efektifitas Pembesian pada Proyek Panbill Mall menggunakan Bar Bending Schedule SNI-2847-2019, BS-8666-2005, dan Linear Programming,” *JURMATEKS J. Manaj. Teknol. dan Tek. Sipil*, vol. 5, hal. 1–15, 2022, doi: 10.35334/be.v4i2.1595.A.
- [2] P. W. E. C. Dewi, “Analisis Waste Material Besi Tulangan Pada Bar Bending Schedule Pada Proyek Pembangunan Villa-Q Cunggu Di Kabupaten Badung,” 2022.
- [3] M. Alimin, Imrom, dan M. Taulani, “Penerapan Bulding Information Modelling (BIM) Autodesk Revit dalam Pembuatan Bar Bending Schedule (BBS) Pondasi Pile Cap Proyek Apartemen Jkt Living Star-Jakarta Timur,” *J. Ris. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 2, hal. 21–32, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.55606/jurritek.v2i2.1599>
- [4] M. A. N. Kork, W. Hartono, dan Sugiyarto, “Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi Pada Pekerjaan Balok dengan Program Microsoft Excel,” no. September, hal. 290–295, 2013.
- [5] L. Sinipat dan M. Beatrix, “Analisis Kebutuhan Material Besi Tulangan Pada Struktur Beton Bertulang dengan Metode Bar Bending Schedule pada Proyek Pembangunan Sekolah Cita Hati Surabaya,” *J. Ilm. Tek. dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 1, hal. 668–701, 2023, doi: 10.46306/tgc.v3i1.
- [6] W. A. Novita, Y. Ulfiyati, dan S. A. Hardiyanti, “Optimasi Waste Besi Pada Pier Median Jalan Tol Jakarta – Cikampek 2 Elevated dengan Program Linear,” vol. 4, no. September 2019, hal. 58–66, 2021.
- [7] S. Sabry, W. Hartono, dan Sugiyarto, “Model Optimasi Pemotongan Besi Tulangan Pelat dengan Program Linear,” no. September, hal. 283–289, 2013.
- [8] D. Kurniawan, M. Ujianto, J. Tromol Pos, P. Kartasura, dan J. Tengah, “Optimasi Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Tulangan Sisa (Waste) Shear Wall Menggunakan Software Cutting Optimization Pro Pada Proyek Gedung MRT Jakarta,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil 2023*, 2023.
- [9] I. Permana, “Optimasi Kebutuhan Tulangan Pada Balok Menggunakan Program Linier Metode Simplex dan Building Information Modeling (BIM) (Optimization Beam Reinforcement Using Linear Program Simplex Method And Building Information Modeling),” 2021.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung,” no. 8. 2019.
- [11] S. R. Fachlevi, R. Maulana, O. H. Ardian, dan S. N. Sari, “Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Pada Bill of Quantity Menggunakan Software Autodesk Revit 2022 Dengan Perhitungan Manual Berdasarkan Sni 2847 Tahun 2019 Pada Gedung Serbaguna Di Desa Towangsan,” *STORAGE J. Ilm. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 3, hal. 150–164, 2023, doi: 10.55123/storage.v2i3.2370.
- [12] M. S. D. Riyanto dan M. Solikin, “Analisis Perbandingan Waste Metode Distribusi Dengan Software Cutting Optimization Pro Pada Pekerjaan Penulangan Pilecap (Studi Kasus :Proyek XYZ Semarang),” *Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, hal. 116–123, 2023.
- [13] W. Muka, A. Widyatmika, I. Made, dan N. Antara, “Analisis Perbandingan Waste Besi Tulangan Metode Konvensional Dengan Software Cutting Optimization Pro,” 2020.
- [14] C. S. Poon, A. T. W. Yu, dan L. H. Ng, “On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 32, no. 2, hal. 157–172, 2001, doi: 10.1016/S0921-3449(01)00052-0.
- [15] H. Rizky Utama dan J. Sekarsari, “Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling Dalam Proyek Konstruksi,” *J. Infrastruktur*, vol. 4, no. 1, hal. 25–31, 2019, doi: 10.35814/infrastruktur.v4i1.716.
- [16] N. Melhem, R. A. Maher, dan Matthias Sundermeier, “Waste-Based Management of Steel Reinforcement Cutting in Construction Projects,” no. April, 2021, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002052.