

## ANALISIS PENERAPAN BIM UNK EFISIENSI WASTE MATERIAL TULANGAN BALOK DALAM KONSTRUKSI GEDUNG BERTINGKAT

Wahyu<sup>1</sup>, Ronal H.T. Simbolon<sup>2</sup>, M. Husni Malik Hasibuan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Islam Sumatera Utara

Email: [ilahiwahyu684@gmail.com](mailto:ilahiwahyu684@gmail.com)

**Abstrak:** Perkembangan teknologi tak terhindarkan, termasuk dalam industri konstruksi. Inovasi bertujuan untuk mempercepat penjadwalan, menghemat biaya, dan mengurangi pemborosan material. Melaksanakan konstruksi bangunan tanpa menghasilkan waste material merupakan suatu tantangan yang sulit. Oleh karena itu, konsep Building Information Modelling (BIM) diterapkan dalam perencanaan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam penggunaan material, dengan tujuan meminimalisir waste material. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penerapan Building Information Modelling (BIM) dalam optimalisasi waste material pada penulangan balok. Penerapan Building Information Modelling (BIM) dalam penelitian ini menggunakan software Autodesk Revit. Tahapan penelitian mencakup pengumpulan data, pemodelan struktur 3D, pemodelan tulangan, output Bar Bending Schedule (BBS), cutting list menggunakan software Cutting Optimization Pro, dan analisis waste material metode konvensional dan metode BIM. Hasil penelitian menunjukkan metode BIM mampu menghemat kebutuhan tulangan sebesar 9.489,234 kg atau 48,32% dibandingkan metode konvensional dengan selisih berat waste antara kedua metode mencapai 19.489,232 kg. Dari segi biaya, metode BIM hemat sebesar Rp. 101.566.688,00 dengan persentase waste 14,68% lebih kecil dibandingkan metode konvensional.

**Kata Kunci:** Sisa Potongan, BIM, BBS, Optimasi Potongan.

**Abstract:** Technological developments are inevitable, including in the construction industry. Innovation aims to accelerate scheduling, save costs, and reduce material waste. Carrying out building construction without producing waste material is a difficult challenge. Therefore, the concept of Building Information Modeling (BIM) is applied in planning to increase the effectiveness and efficiency of material use, with the aim of minimizing waste material. This study was conducted to evaluate the application of Building Information Modeling (BIM) in optimizing waste material in beam reinforcement. The application of Building Information Modeling (BIM) in this study uses Autodesk Revit software. The research stages include data collection, 3D structural modeling, reinforcement modeling, Bar Bending Schedule (BBS) output, cutting lists using Cutting Optimization Pro software, and waste material analysis of conventional and BIM methods. The results show that the BIM method can save reinforcement requirements by 9,489.234 kg or 48.32% compared to the conventional method with a difference in waste weight between the two methods reaching 19,489.232 kg. In terms of costs, the BIM method saves Rp. 101,566,688.00 with a waste percentage 14.68% lower than the conventional method.

**Keywords:** Scrap, BIM, BBS, Scrap Optimization.

## PENDAHULUAN

Revolusi Industri 4.0 mendorong transformasi digital di bidang Architecture, Engineering, and Construction (AEC) melalui penerapan Building Information Modelling (BIM). BIM memungkinkan pertukaran informasi berbasis model 3D yang efektif dan efisien, mencakup dimensi 4D hingga 7D. Salah satu manfaat utama BIM adalah meminimalisir waste material yang berdampak pada efisiensi biaya dan lingkungan. Di Indonesia, beton bertulang mendominasi penggunaan material. Baja tulangan menyisakan limbah cukup besar akibat desain maupun kelebihan pembelian. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan kebutuhan tulangan yang teliti. Penelitian ini membahas penerapan BIM menggunakan Autodesk Revit untuk pemodelan 3D balok dan penyusunan Bar Bending Schedule (BBS), kemudian dioptimasi dengan Cutting Optimization Pro guna mendapatkan pola potongan ideal serta menekan sisa material (waste). (Kensek, 2014).

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. *Building Information Modelling (BIM)*

BIM adalah representasi digital dari sifat fisik dan fungsional suatu fasilitas, berfungsi sebagai sumber informasi bersama untuk pengambilan keputusan selama siklus hidup bangunan (NBIMS). BIM menggabungkan dua gagasan utama yaitu penyimpanan informasi desain digital untuk kemudahan pembaruan dan berbagi data antar pihak terkait (arsitek, insinyur, kontraktor), serta konsep real-time yang menghubungkan desain digital dengan teknologi pemodelan untuk menghemat waktu, biaya, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas proyek. (Aulya Reista et al., 2022)

BIM tidak hanya merepresentasikan 3D (pemodelan parametrik), tetapi juga 4D (penjadwalan), 5D (estimasi biaya), 6D (analisis energi dan dampak lingkungan), serta 7D (manajemen fasilitas).

Manfaat penerapan BIM menurut PT Piranti Nusantara Teknologi (PIRANUSA) adalah:

1. Kolaborasi dan koordinasi yang lebih baik.
2. Analisis yang lebih akurat.
3. Efisiensi konstruksi dan pengelolaan proyek.
4. Keuntungan ekonomi.

Menurut (Purwanto et al., 2020) ada banyak *software* dalam BIM antara lain:

Manufacture	Product Name	Primary Function
Autodesk	Revit	3D Architecture Modelling
	AutoCAD Architecture	3D Architecture Modelling and Parametric Design
	AutoCAD MEP	3D MEP Modelling
	AutoCAD Civil 3D	Site Development
Bentley System	Bentley BIM Suite (MicroStation, Bentley Architecture, Structural, Mechanical, Electrical, Generative Design)	3D Architecture, Structural, Mechanical, Electrical, and Generative Components Modelling
Graphosift	ArchiCAD	3D Architecture Modelling
	MEP Modeler	3D MEP Modelling
RISA Technologies	RISA	Fullsuite of 2D and 3D Structural Design Application
Tekla	Tekla Structure	3D Detailed Structural Modelling

## 2. Autodesk Revit

Autodesk Revit merupakan salah satu perangkat lunak yang BIM yang membantu dalam industri Arsitektur, Rekayasa, dan Konstruksi (AEC) dalam merancang bangunan dan infrastruktur berkualitas tinggi. Dengan menggunakan Revit, pengguna dapat melakukan pemodelan bentuk, struktur, dan system 3D dengan Tingkat akurasi, presisi, dan kemudahan parametrik yang tinggi. Selain itu, Revit juga menyederhanakan proses dokumentasi dengan fitur revisi instan yang memungkinkan perubahan cepat pada rencana, elevasi, jadwal, dan bagian proyek. Dengan dukungan alat khusus dan lingkungan proyek terintegrasi, Revit memungkinkan kolaborasi multidisiplin dalam tim secara efektif dan efisien. (Autodesk, 2022)

Berikut beberapa kelebihan yang dimiliki *Autodesk Revit* menurut (Marizan, 2019)

1. Revit dapat menghasilkan peningkatan efisiensi dalam proses perencanaan hingga dua kali lipat atau sekitar 50%, sambil mengurangi kebutuhan sumber daya manusia hingga 26,66%.
2. Revit memberikan kemudahan dengan integrasi perangkat lunak, mampu mendeteksi tabrakan desain, maupun proses pekerjaan menjadi lebih cepat.

Menurut (Mahendra, 2021). Adapun beberapa kelebihan dari *software Autodesk Revit* adalah sebagai berikut:

1. *Virtual Building*.
2. Objek yang penuh dengan data teknis.
3. Kemudahan dalam membentuk objek.
4. Berkurangnya kendala dalam kerja tim.
5. Revisi yang tidak menyita banyak waktu dan tenaga.
6. Produksi gambar dengan cepat dan presisi setelah objek.
7. Koneksi antar *software* Autodesk.
8. Rencana anggaran biaya (RAB) / BOQ (*Schedule*).

### **3. *Cutting Optimization Pro***

*Cutting Optimization Pro* adalah perangkat lunak pemotongan yang digunakan untuk tata letak pemotongan yang optimal untuk potongan 1D dan 2D. Perangkat ini juga memungkinkan untuk menentukan dan menangani produk yang kompleks seperti meja, lemari, loker, rak buku, dan lainnya, Selain itu, *Cutting Optimization Pro* juga bisa digunakan sebagai perangkat lunak pemotongan untuk potongan linier seperti batangan, pipa, tabung, batangan baja, profil logam, ekstrusi, papan kayu linier, dan bahan lainnya. (*Cutting Optimization Pro*, 2021)

*Cutting Optimization Pro* adalah *software cutting* berbasis desktop yang dikembangkan oleh Optimal program SRL. Perangkat lunak ini adalah perangkat lunak desktop yang dibuat khusus untuk membantu Perusahaan konstruksi dalam melakukan pemotongan besi tulangan, yang merupakan bahan utama dalam proyek konstruksi beton bertulang. Perangkat ini memiliki kemampuan untuk melakukan pemotongan dengan pola yang optimal, sehingga mempermudah proses konstruksi dan meningkatkan efisiensi. (Kensek, 2014)

#### 4. *Bar Bending Schedule (BBS)*

*Bar Bending Schedule* merupakan pekerjaan yang berhubungan dengan detail pembesian dalam suatu proyek meliputi perhitungan jumlah besi yang dibutuhkan pada tiap pekerjaan, bentuk besi, hingga sisa potongan besi. *Bar Bending Schedule* memuat daftar pola pembengkokan tulangan yang meliputi data diameter, bentuk, panjang dan jumlah tulangan. (Arifin et al., 2022)

Daftar pembengkokan Batangan tulangan umumnya berisi bentang tulangan maupun yang dibengkok, dan menyajikan semua dimensi detail batang tulangan termasuk bengkokanya, serta informasi mengenai mutu baja tulangan dan jumlah yang digunakan. Daftar batang tulangan jenis yang demikian dapat pula digunakan untuk tambahan keterangan pada daftar detail bengkokan, dan gambar pemasangan.

BBS digunakan sebagai petunjuk dalam proses pemotongan dan pembengkokan tulangan baja sebelum dipasang sesuai dengan napa yang telah direncanakan. Meskipun BBS dapat disusun secara manual tanpa menggunakan perangkat lunak, namun membutuhkan waktu yang relatif lama. Selain itu, jika terjadi perubahan selama proyek berlangsung akan memakan waktu lebih lama untuk penyesuaian. (Prasetia et al., 2023)

#### 5. *Waste Material*

*Waste material* adalah segala sesuatu yang kuantitasnya lebih banyak dari persyaratan, baik hasil pelaksanaan pekerjaan ataupun material yang tersisa atau rusak sehingga tidak dapat dipakai lagi (Abdullah, 2023)

*Waste* diartikan sebagai segala macam kehilangan yang dihasilkan dari sebuah aktivitas yang menghasilkan biaya, baik secara langsung maupun tidak langsung, tetapi tidak menambah manfaat atau nilai suatu produk dari sudut pandang klien. (Kristianto et al., 2020)

Menurut Formoso (2002), *waste material* dibagi menjadi dua kategori berdasarkan tipenya, yaitu:

1. *Direct waste* adalah sisa material yang terjadi akibat kerusakan, kehilangan, atau tidak dapat dipakai kembali selama proses konstruksi.
2. *Indirect waste* adalah sisa material yang terjadi karena volume material yang melebihi rencana awal, sehingga tidak ada sisa material fisik yang terjadi di lapangan dan menyebabkan pembengkakan biaya.

a. Persentase *Waste*

Persentase *waste* dihitung untuk mengetahui volume *waste* dari masing-masing item yang dianalisis. Persentase *waste* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Persentase } Waste = \frac{\text{volume } waste}{\text{vol. kebutuhan material}} \times 100\%.(1)$$

b. *Waste cost*

Biaya sisa atau *waste cost* dihitung untuk mengetahui kerugian dari pembelian material yang tidak terpakai dan dapat dihitung dengan metode pendekatan rumus:

$$Waste\ cost = \text{persentase } waste \times \text{harga satuan} \quad (2)$$

## 6. Baja Tulangan

Menurut SNI 2847:2019 (Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung) mendefinisikan baja tulangan sebagai material yang digunakan untuk memperkuat beton dengan tujuan menahan gaya tarik dan meningkatkan kinerja struktural elemen beton. Baja tulangan juga didefinisikan oleh Badan Standardisasi Nasional (2017), dalam SNI 2052:2017 adalah batang besi baja dengan penampang berbentuk lingkaran dan permukaannya terdapat 2 jenis yaitu polos dan berulir, yang berfungsi untuk penguat dalam konstruksi beton.

Menurut (Intan et al., 2005) *waste* material yang sering bersisa adalah baja tulangan, baja tulangan umumnya memiliki panjang standar 10 meter dan 12 meter dengan toleransi panjang minimum 0 mm, maksimum + 70 mm.

Beberapa fungsi baja tulangan dalam konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kekuatan tarik.
2. Mencegah retak.
3. Meningkatkan daya tahan terhadap gempa.
4. Memungkinkan desain yang lebih fleksibel

**METODE PENELITIAN**

**1. Lokasi Penelitian**

Objek penelitian ini mengambil studi kasus pada Gedung Rumah Sakit Islam Ibnu Sina di Jl. Soekarno Hatta no. 17, Bukit Surungan Kec. Padang Panjang Barat, Kota Padang Panjang, Sumatera Barat.

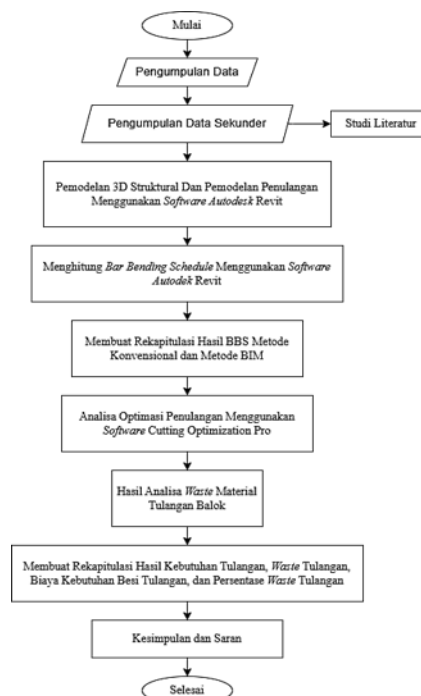
**2. Metode Pengumpulan Data**

Data yang peneliti gunakan dihimpun melalui beberapa metode atau langkah tertentu secara terstruktur. Berikut beberapa data yang dimaksud adalah gambar kerja berupa denah, denah *pilecap*, denah pondasi, denah kolom, denah balok, *schedule* balok.

**3. Metode Analisi Data**

Peneliti menggunakan dua metode untuk pemecahan masalah yaitu metode konvensional dan metode *Building Information Modelling* (BIM). Selanjutnya kedua metode yang dipakai dilakukan perbandingan untuk mengetahui metode mana yang lebih efektif dan efisien untuk pemecahan masalah.

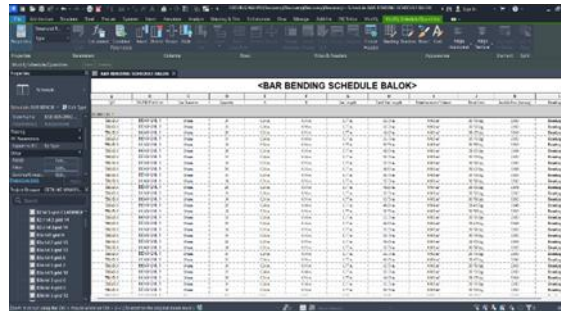
**4. Bagan Alir Penelitian**



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Informasi Proyek**

1. Nama Struktur Bangunan: Balok



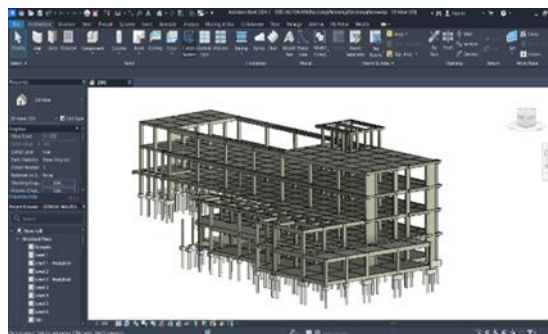
Element ID	Name	Dimensions	Reinforcement	Notes
B1	Balok	50 x 60	D10	
B2	Balok	35 x 70	D13	
B3-a	Balok	30 x 50	D16	
B3-b	Balok	35 x 60	D19	
B4	Balok	35 x 50	D22	
B5	Balok	30 x 40	D10	
B6	Balok	25 x 60	D13	
B7	Balok	25 x 50	D16	
B8-a	Balok	25 x 40	D19	
B8-b	Balok	20 x 40	D22	
TB1	Balok			
TB2	Balok			

2. Dimensi Balok: B1 (50 x 60), B2 (35 x 70), B3-a (30 x 50), B3-b (35 x 60), B4 (35 x 50), B5 (30 x 40), B6 (25 x 60), B7 (25x 50), B8-a (25 x 40), B8-b (20 x 40), TB1, dan TB2.
3. Diameter Tulangan: D10, D13, D16, D19, D22
4. Mutu Beton: 25 Mpa

**B. Analisis Data**

1. Pemodelan 3D Struktural

Dalam penelitian ini pemodelan menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit 2024. Pemodelan 3D struktural melibatkan elemen-elemen seperti *pilecap*, pondasi, sloof, kolom, balok, dan elemen struktur lainnya.

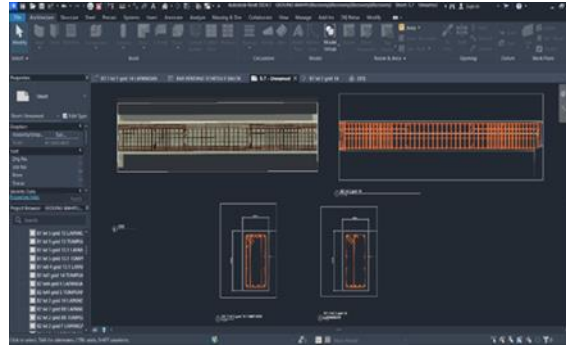


Gambar 4.1 Hasil model 3D

Sumber: Autodesk Revit

## 2. Pemodelan Tulangan

Pemodelan tulangan adalah langkah yang diambil setelah semua pemodelan struktur selesai. Autodesk Revit memiliki fitur “Rebar” yang memungkinkan atau pengaturan rebar dilakukan untuk menyesuaikan pemodelan tulangan dengan detail yang terdapat pada gambar rencana.

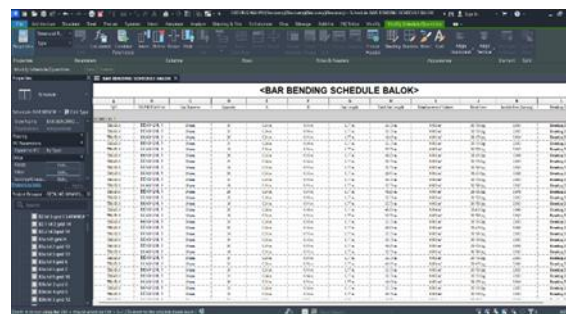


Gambar 4.2 Hasil pemodelan tulangan pada Balok B1

*Sumber: Autodesk Revit*

## 3. Bar Bending Schedule (BBS)

BBS dilakukan setelah pemodelan struktur dan penentuan posisi serta penandaan (schedule mark) telah selesai. Untuk menghasilkan BBS pada Autodesk Revit, dapat menggunakan fitur “schedules” yang terdapat di panel title “view”. Dengan fitur ini, dapat mengatur dan menampilkan informasi tentang tulangan beton, termasuk jumlah, dimensi, dan lokasi pada model.



Gambar 4.3 Hasil BBS balok

*Sumber: Autodesk Revit*

4. Optimasi Kebutuhan Besi Menggunakan *Software Cutting Optimization Pro* (SCOP)

Untuk mendapatkan kebutuhan besi yang lebih efisien, dilakukan optimasi menggunakan perangkat lunak *cutting optimization pro* setelah mendapatkan kebutuhan besi tulangan yang didapatkan dari hasil analisa BBS dari *Autodesk Revit*.

**Tabel 4.1 Hasil Statistik Penggunaan dan Sisa Material Pasa SCOP**

Tulangan	Parameter	Value	
		Panjang (m)	Berat (kg)
D10	<i>Total used length</i>	59.147,36	36.671,364
	<i>All reused waste</i>	1.501,66	931,029
	<i>All discarded scrap</i>	1,90	1,178
	<i>Total used length (%)</i>	97,57%	
D13	<i>Total used length</i>	3.995,09	4.154,903
	<i>All reused waste</i>	2.177,73	2.264,839
	<i>All discarded scrap</i>	32,08	33,363
	<i>Total used length (%)</i>	71,63%	
D19	<i>Total used length</i>	12.373,98	19.427,149
	<i>All reused waste</i>	5,32	8,352
	<i>All discarded scrap</i>	35,73	56,096
	<i>Total used length (%)</i>	99,57%	
D22	<i>Total used length</i>	16.448,62	49.016,861
	<i>All reused waste</i>	133,34	397,353
	<i>All discarded scrap</i>	342,66	1.021,126
	<i>Total used length (%)</i>	98,35%	

**C. Rekapitulasi Kebutuhan dan Persentase Waste Material**

Berdasarkan seluruh tahapan perhitungan BBS pekerjaan struktur penulangan, berikut merupakan rekapitulasi kebutuhan besi pada Proyek Rumah Sakit Islam Ibnu Sina yang disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Kebutuhan dan Persentase Waste

Material Tulangan	Jumlah Berat	Berat Digunakan	Waste	Persentase Waste
	(kg)	(kg)	(kg)	
<b>Metode <i>Building Information Modelling</i> (BIM)</b>				
D10	37.584,672	36.671,364	913,308	2,49%
D13	5.801,317	4.154,903	1.646,414	39,62%
D16	19.491,471	19.427,149	64,322	0,33%
D19	23.846,549	23.453,080	393,469	1,67%
D22	50.397,760	49.016,861	1.380,899	2,81%
<b>Total</b>	<b>137.121,769</b>	<b>132.723,357</b>	<b>4.398,412</b>	<b>3,31%</b>
<b>Metode Konvensional</b>				
D10	44.896,782	36.671,364	8.225,418	22,40%
D13	5.855,405	4.154,903	1.600,502	38,50%
D16	20.977,240	19.427,149	1.550,091	7,97%
D19	24.287,084	23.453,080	834,004	3,55%
D22	50.594,492	49.016,861	1.577,631	3,21%
<b>Total</b>	<b>146.611,003</b>	<b>132.723,357</b>	<b>23.887,644</b>	<b>17,99%</b>

Sumber: Hasil Akhir

Persentase waste total yang dihasilkan dengan menggunakan metode konvensional yakni sebesar 17,99%, sedangkan menggunakan metode *building information modelling* mengalami penurunan yang signifikan dari 17,99% menjadi 3,31%. Penurunan yang terjadi menandakan bahwa penggunaan metode BIM lebih efisien dalam mengurangi sisa material dibandingkan menggunakan metode konvensional.

**D. Biaya Kebutuhan dan *Waste Cost Besi***

Biaya yang akan dihitung adalah biaya kebutuhan besi tulangan dalam satuan kg dengan harga satuan material, berdasarkan Analisa Harga Satuan pada RAB Proyek Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Padang Panjang. Berikut akan disajikan biaya kebutuhan besi dalam Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Rekapitulasi Biaya Kebutuhan Besi**

<b>Tulangan</b>	<b>Jumlah Berat (kg)</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Jumlah Harga</b>
<b>Metode <i>Building Information Modelling</i> (BIM)</b>			
D10	37.584,672	Rp. 10.700,00	Rp. 402.155.990,00
D13	5.801,317	Rp. 10.700,00	Rp. 62.074.091,90
D16	19.491,471	Rp. 10.700,00	Rp. 208.558.739,70
D19	23.846,549	Rp. 10.750,00	Rp. 256.350.401,75
D22	50.397,760	Rp. 10.750,00	Rp. 541.775.920,00
<b>Total</b>			<b>Rp. 1.470.915.143,35</b>
<b>Total (dibulatkan)</b>			<b>Rp. 1.470.915.143,00</b>
<b>Metode Konvensional</b>			
D10	44.896,782	Rp. 10.700,00	Rp. 480.395.567,40
D13	5.855,405	Rp. 10.700,00	Rp. 62.652.833,50
D16	20.977,240	Rp. 10.700,00	Rp. 224.456.468,00

D19	24.287,084	Rp. 10.750,00	Rp. 261.086.153,00
D22	50.594,492	Rp. 10.750,00	Rp. 543.890.789,00
<b>Total</b>			<b>Rp. 1.572.481.810,90</b>
<b>Total (dibulatkan)</b>			<b>Rp. 1.572.481.811,00</b>

Sumber: Hasil Akhir

Hasil analisa Tabel 4.3, untuk biaya kebutuhan besi berdasarkan perhitungan BBS dengan menggunakan metode konvensional didapat biaya sebesar Rp 1.572.481.811,00 (Satu Milyar Lima Ratus Tujuh Puluh Dua Juta Empat Ratus Delapan Puluh Satu Ribu Delapan Ratus Sebelas Rupiah), sedangkan biaya total yang didapat menggunakan metode BIM sebesar Rp 1.470.915.143,00 (Satu Milyar Empat Ratus Tujuh Puluh Juta Sembilan Ratus Lima Belas Ribu Seratus Empat Puluh Tiga Rupiah). Selanjutnya biaya sisa atau *waste cost* besi akan disajikan dalam Tabel 4.4.

Tulangan	Jumlah Berat (kg)	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>Metode <i>Building Information Modelling</i> (BIM)</b>			
D10	913,308	Rp. 10.700,00	Rp. 9.772.395,60
D13	1.646,414	Rp. 10.700,00	Rp. 17.616.629,80
D16	64,322	Rp. 10.700,00	Rp. 688.245,40
D19	393,469	Rp. 10.750,00	Rp. 4.229.791,75
D22	1.380,899	Rp. 10.750,00	Rp. 14.844.644,25
<b>Total</b>			<b>Rp. 47.151.726,80</b>
<b>Total (dibulatkan)</b>			<b>Rp. 47.151.727,00</b>
<b>METODE KONVENSIONAL</b>			

D10	8.225,418	Rp. 10.700,00	Rp. 88.011.972,60
D13	1.600,502	Rp. 10.700,00	Rp. 17.125.371,40
D16	1.550,091	Rp. 10.700,00	Rp. 16.585.973,70
D19	834,004	Rp. 10.750,00	Rp. 8.965.543,00
D22	1.577,631	Rp. 10.750,00	Rp. 16.959.533,25
<b>Total</b>			<b>Rp. 138.691.816,49</b>
<b>Total (dibulatkan)</b>			<b>Rp. 138.691.817,00</b>

*Sumber Hasil Akhir*

Hasil analisa dalam Tabel 4.6, untuk *waste cost* besi berdasarkan perhitungan BBS dengan menggunakan metode konvensional didapat biaya sisa total sebesar Rp. 138.691.817,00 (Seratus Tiga Puluh Delapan Juta Enam Ratus Sembilan Puluh Satu Ribu Delapa Ratus Tujuh Belas rupiah), sedangkan biaya total yang didapatkan menggunakan metode *building information modelling* sebesar Rp. 47.151.727,00 (Empat Puluh Tujuh Juta Seratus Lima Puluh Satu Ribu Tujuh Ratus Dua Puluh Tujuh rupiah).

### Pembahasan

Penggunaan BIM dengan *Autodesk Revit* dalam perencanaan dan pemodelan memungkinkan penghasilan *Bar Bending Schedule* (BBS) secara cepat dan akurat. BIM diterapkan dalam seluruh proses, dari perencanaan hingga pemeliharaan, dengan tujuan meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan material serta meminimalisir *waste* material. Penerapan BIM juga berpotensi mengurangi waktu, biaya, dan meningkatkan ketepatan proses pengerjaan terutama untuk struktur tulangan pada balok.

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan *software Autodesk Revit* dan analisa *waste* material tulangan balok pada Gedung Rumah Sakit Ibnu Sina Padang Panjang menggunakan *software Cutting Optimization Pro*, diperoleh hasil sebagai berikut:

- Kebutuhan tulangan untuk penulangan menggunakan metode BIM:
  - D10: 37.584,672 kg
  - D13: 5.801,317 kg
  - D16: 19.491,471 kg

- D19: 23.846,549 kg

- D22: 50.397,760 kg

Total kebutuhan penulangan metode BIM: 137.121,769 kg.

Berat *waste* dari penulangan metode BIM:

- D10: 913.308 kg

- D13: 1.646,414 kg

- D16: 64,322 kg

- D19: 393,469 kg

- D22: 1.280,899 kg

Total berat *waste* penulangan metode BIM: 4.398,412 kg.

Daru hasil analisis kebutuhan dan *waste* besi penulangan menggunakan metode BIM didapat *waste* besi sebesar 3,31%.

▪ Kebutuhan tulangan untuk penulangan menggunakan metode konvensional:

- D10: 44.896,782 kg

- D13: 5.855,405 kg

- D16: 20.977,240 kg

- D19: 24.287,084 kg

- D22: 50.594,492 kg

Total kebutuhan penulangan metode konvensional: 146.611,003 kg.

Berat *waste* dari penulangan metode konvensional:

- D10: 8.225,418 kg

- D13: 1.600,502 kg

- D16: 1.550,091 kg

- D19: 834,004 kg

- D22: 1.577,631 kg

Total *waste* besi dari penulangan metode konvensional: 23.887,644 kg.

Dari hasil analisis kebutuhan dan *waste* besi dari penulangan metode konvensional didapat persentase *waste* besi sebesar 17,99%.

- Biaya kebutuhan besi
  - Metode BIM: Rp. 1.470.915.1433,00
  - Metode konvensional: Rp. 1.572.481.811,00
  
- Biaya *waste cost* besi
  - Metode BIM: Rp. 47.151.727,00
  - Metode konvensional: Rp. 138.691.917,00

Dengan memahami hasil analisis di atas, dapat disimpulkan kebutuhan tulangan besi dan kebutuhan besi menggunakan metode BIM lebih hemat biaya dibandingkan dengan metode konvensional.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berikut beberapa kesimpulan yang peneliti peroleh pada hasil penelitian yang telah dilaksanakan:

1. *Autodesk Revit*, yang merupakan *software* berbasis *Building Information Modelling* (BIM), digunakan untuk pemodelan *pilecap*, pondasi, kolom, balok, dan pelat lantai. Dengan memanfaatkan fitur *Schedule/Quantity*, *Autodesk Revit* dapat menghasilkan *output Bar Bending Schedule* (BBS) yang mencakup panjang dan berat dari tulangan balok. BBS) yang mencakup panjang dan berat dari tulangan balok.
2. Berdasarkan hasil BBS dan *cutting list* dari *software Cutting Optimization Pro*, ditemukan: kebutuhan besi menggunakan metode BIM lebih hemat sebesar 9.489.234 kg atau 48,32% dari rata-rata kedua metode, *waste* besi metode BIM lebih hemat sebesar 19.489.232 kg atau 15,54%. Akibat berkurangnya pemborosan material, dari segi biaya menggunakan metode BIM juga hemat sebesar Rp. 101.566.699,00 atau 48,33% dari total rata-rata biaya kebutuhan besi kedua metode.
3. Persentase sisa (*waste*) besi tulangan Proyek Rumah Sakit Ibnu Sina Padang Panjang dengan menggunakan metode konvensional sebesar 17,99%, sedangkan menggunakan metode BIM sebesar 3,31%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa persentase sisa (*waste*) besi tulangan metode BIM lebih kecil dibandingkan metode konvensional.

4. Autodesk Revit digunakan untuk pemodelan objek dan menghasilkan *utput Bar Bending Schedule* (BBS). *Cutting Optimization Pro* digunakan untuk menghasilkan *cutting list* dengan optimalisasi *waste* dan meminimalisir *human error*. Dengan demikian, penerapan BIM terbukti dapat meningkatkan efisiensi penggunaan material tulangan, mengurangi potensi pemborosan, serta mendukung pelaksanaan konstruksi yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2023). *Optimalisasi Waste Besi Menggunakan Aplikasi "Cutting Optimization Pro."*
- Arifin, D., Saputra, A. J., & Savitri, A. (2022). Efektifitas Pembesian pada Proyek Panbill Mall menggunakan Bar Bending Schedule SNI- 2847-2019, BS- 8666-2005, dan Linear Programming. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v5i1.2588>
- Aulya Reista, I., Ilham, & Annisa. (2022). Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural. *Journal of Sustainable Construction*, 2(1), 13–22. <https://journal.unpar.ac.id/index.php/josc>
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15–28. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.
- Intan, S., Alifen, R. S., & Arijanto, L. (2005). Analisa Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi : *Civil Engineering Dimension*, 7(1), 36–45.
- Kensek, K. M. (2014). Building information modeling. *Building Information Modeling*, 1–285. <https://doi.org/10.4324/9781315797076>
- Mahendra, M. F. (2021). *Penerapan Konsep Building Information Modelling (Bim) Dalam Bentuk Tiga Dimensi Untuk Menunjang Estimasi Biaya Pekerjaan Plumbing (Application of Building Information Modelling (Bim) Concept in Three Dimensions To Support Cost Estimation Plumbing Installa.* 1–112.

Permana, I. (2021). Optimasi Kebutuhan Tulangan Pada Balok Menggunakan Program Linier Metode Simplex Dan Building Information (BIM). *Universitas Islam Indonesia*, 1–159.

Prasetia, M. A., Rochmah, N., & Triana, M. I. (2023). Studi Perbandingan Penggunaan Software Tekla dan Konvensional dalam Perhitungan Bar Bending Schedule pada Proyek Kantor Inkasa Kertajaya. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 26–34.